

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
1007**

Première édition
First edition
1990-09

**Transformateurs et inductances utilisés
dans les équipements électroniques
et de télécommunications –
Méthodes de mesure et procédures d'essais**

**Transformers and inductors for use
in electronic and telecommunication
equipment –
Measuring methods and test procedures**



Withdrawn

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
1007**

Première édition
First edition
1990-09

**Transformateurs et inductances utilisés
dans les équipements électroniques
et de télécommunications –
Méthodes de mesure et procédures d'essais**

**Transformers and inductors for use
in electronic and telecommunication
equipment –
Measuring methods and test procedures**

© CEI 1990 Droits de reproduction réservés — Copyright — all rights reserved

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 l'éditeur.

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 the publisher.

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale 3, rue de Varembe Genève, Suisse



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

AVA Documents
Document Sharing Hub

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	4
PRÉFACE	4
 Articles	
1. Domaine d'application	6
2. Documents de référence	6
2.1 Publications de la CEI	6
2.2 Normes de l'ISO	6
3. Terminologie	6
4. Procédures d'essai	14
4.1 Conditions d'essai et de mesure	14
4.1.1 Précision des mesures	14
4.1.2 Méthodes d'essai équivalentes	14
4.2 Contrôle visuel	14
4.2.1 Positionnement de l'écran de protection	16
4.2.2 Qualité des soudures	16
4.3 Vérification des dimensions	20
4.4 Procédures des essais électriques	20
4.4.1 Résistance des enroulements	20
4.4.2 Essais d'isolement	22
4.4.3 Pertes	28
4.4.4 Inductance	32
4.4.5 Déséquilibre	34
4.4.6 Capacité	46
4.4.7 Rapport de transformation	50
4.4.8 Fréquence de résonance	54
4.4.9 Caractéristiques du transfert de signal	60
4.4.10 Réponse en fréquence	68
4.4.11 Caractéristiques en impulsion	70
4.4.12 Produit temps-tension caractéristique	70
4.4.13 Distorsion harmonique totale	74
4.4.14 Régulation de tension	76
4.4.15 Elévation de température	78
4.4.16 Température de surface	80
4.4.17 Vérification des phases	82
4.4.18 Ecrans	86
4.4.19 Bruit	88
4.4.20 Effet couronne	92
4.4.21 Champs magnétiques	92
4.4.22 Courant d'appel	98

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5
Clause	
1. Scope	7
2. Related documents	7
2.1 IEC publications	7
2.2 ISO standards	7
3. Terminology	7
4. Test procedures	15
4.1 Test and measurement conditions	15
4.1.1 Measurement uncertainty	15
4.1.2 Alternative test methods	15
4.2 Visual inspection	15
4.2.1 Safety screen position	17
4.2.2 Quality of solder joints	17
4.3 Dimensioning and gauging procedure	21
4.4 Electrical test procedures	21
4.4.1 Winding resistance	21
4.4.2 Insulation tests	23
4.4.3 Losses	29
4.4.4 Inductance	33
4.4.5 Unbalance	35
4.4.6 Capacitance	47
4.4.7 Transformation ratios	51
4.4.8 Resonant frequency	55
4.4.9 Signal transfer characteristics	61
4.4.10 Frequency response	69
4.4.11 Pulse characteristics	71
4.4.12 Voltage-time product rating	71
4.4.13 Total harmonic distortion	75
4.4.14 Voltage regulation	77
4.4.15 Temperature rise	79
4.4.16 Surface temperature	81
4.4.17 Phase test (polarity)	83
4.4.18 Screens	87
4.4.19 Noise	89
4.4.20 Corona test	93
4.4.21 Magnetic fields	93
4.4.22 Inrush current	99

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

TRANSFORMATEURS ET INDUCTANCES UTILISÉS DANS LES ÉQUIPEMENTS ÉLECTRONIQUES ET DE TÉLÉCOMMUNICATIONS MÉTHODES DE MESURE ET PROCÉDURES D'ESSAIS

PRÉAMBULE

- 1) Les décisions ou accords officiels de la CEI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des Comités d'Etudes où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.
- 2) Ces décisions constituent des recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 3) Dans le but d'encourager l'unification internationale, la CEI exprime le vœu que tous les Comités nationaux adoptent dans leurs règles nationales le texte de la recommandation de la CEI, dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Toute divergence entre la recommandation de la CEI et la règle nationale correspondante doit, dans la mesure du possible, être indiquée en termes clairs dans cette dernière.

PRÉFACE

La présente norme a été établie par le Comité d'Etudes n° 51 de la CEI: Composants magnétiques et ferrites.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

Règle des Six Mois	Rapport de vote
51(BC)264	51(BC)270

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

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**TRANSFORMERS AND INDUCTORS FOR USE
IN ELECTRONIC AND TELECOMMUNICATION EQUIPMENT -
MEASURING METHODS AND TEST PROCEDURES**

FOREWORD

- 1) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters, prepared by Technical Committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with.
- 2) They have the form of recommendations for international use and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 3) In order to promote international unification, the IEC expresses the wish that all National Committees should adopt the text of the IEC recommendation for their national rules in so far as national conditions will permit. Any divergence between the IEC recommendation and the corresponding national rules should, as far as possible, be clearly indicated in the latter.

PREFACE

This standard has been prepared by IEC Technical Committee No. 51: Magnetic components and ferrite materials.

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

Six Months' Rule	Report on Voting
51(CO)284	51(CO)270

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

TRANSFORMATEURS ET INDUCTANCES UTILISÉS DANS LES ÉQUIPEMENTS ÉLECTRONIQUES ET DE TÉLÉCOMMUNICATIONS MÉTHODES DE MESURE ET PROCÉDURES D'ESSAIS

1. Domaine d'application

La présente norme décrit les méthodes de mesures et les procédures d'essais pour les inductances et les transformateurs utilisés dans les équipements électroniques et de télécommunication, qui peuvent être employées dans les spécifications de tous ces composants, en particulier ceux qui entrent dans le cadre de l'assurance de la qualité des composants électroniques du système CEI (IECQ).

2. Documents de référence

2.1 Publications de la CEI

- 27: Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique.
- 44-4 (1980): Transformateurs de mesure, Quatrième partie: Mesure des décharges partielles.
- 50: Vocabulaire Electrotechnique International (VEI).
- 68-1 (1982): Essais d'environnement, Première partie: Généralités et guide.
- 270 (1981): Mesure des décharges partielles.
- 367-1 (1982): Noyaux pour bobines d'inductance et transformateurs destinés aux télécommunications, Première partie: Méthodes de mesure.
- 551 (1987): Détermination des niveaux de bruit des transformateurs et des bobines d'inductance.
- 617: Symboles graphiques pour schémas.
- 651 (1979): Sonomètres.

2.2 Normes de l'ISO

- 3 (1973): Nombres normaux - Séries de nombres normaux.
- 497 (1973): Guide pour le choix des séries de nombres normaux et des séries comportant des valeurs plus arrondies de nombres normaux.
- 1000 (1981): Unités SI et recommandations pour l'emploi de leurs multiples et de certaines autres unités.

3. Terminologie

Dans le cadre de la présente norme, les définitions suivantes sont applicables en plus de celles qui sont prévues par le CEI 50:

- 3.1 **composant**: Un transformateur ou une inductance.
- 3.2 **tension de crête**: Tension maximale instantanée définie pour le composant dans les conditions de fonctionnement.

TRANSFORMERS AND INDUCTORS FOR USE IN ELECTRONIC AND TELECOMMUNICATION EQUIPMENT - MEASURING METHODS AND TEST PROCEDURES

1. Scope

This standard describes measuring methods and test procedures for inductors and transformers for use in electronic and telecommunication equipment that may be involved in any specifications for such components, in particular those forming part of the IEC Quality Assessment System for Electronic Components (IECQ scheme).

2. Related documents

2.1 IEC publications

- 27: Letter symbols to be used in electrical technology.
- 44-4 (1980): Instrument transformers, Part 4: Measurement of partial discharges.
- 50: International Electrotechnical Vocabulary (IEV).
- 68-1 (1982): Environmental testing, Part 1: General and guidance.
- 270 (1981): Partial discharge measurements.
- 367-1 (1982): Cores for inductors and transformers for telecommunications, Part 1: Measuring methods.
- 551 (1987): Determination of transformer and reactor sound levels.
- 617: Graphical symbols for diagrams.
- 651 (1979): Sound level meters.

2.2 ISO standards

- 3 (1973): Preferred numbers. Series of preferred numbers.
- 497 (1973): Guide to the choice of series of preferred numbers and of series containing more rounded values of preferred numbers.
- 1000 (1981): SI units and recommendations for the use of their multiples and of certain other units.

3. Terminology

For the purpose of this standard the following definitions apply in addition to those of IEC 50:

3.1 component: A transformer or inductor.

3.2 peak working voltage: The maximum instantaneous voltage for which the winding insulation is rated under working circuit conditions.

3.3 Paramètres de la forme d'impulsion (voir figure 1)

a) Amplitude de crête de l'impulsion, U_m

Valeur maximale de la courbe extrapolée au sommet de l'impulsion excluant toute pointe ou chute initiale ayant une durée inférieure à 10% de la durée de l'impulsion.

b) Durée de l'impulsion, t_d

Intervalle de temps entre le premier et le dernier instant auquel l'amplitude de l'impulsion atteint 50% de l'amplitude de crête de l'impulsion.

c) Temps de montée de l'impulsion, t_r

Intervalle de temps entre le premier instant auquel l'impulsion atteint 10% de la crête d'amplitude de l'impulsion, et le premier instant auquel l'amplitude de l'impulsion atteint 90% de la crête de l'amplitude, en excluant toute partie indésirable ou erratique de la forme d'onde.

d) Temps de descente de l'impulsion, t_f

Intervalle entre le dernier moment où l'amplitude de l'impulsion atteint 90% de l'amplitude de crête et l'instant le plus proche auquel l'amplitude de l'impulsion atteint 10% de l'amplitude de crête, en excluant toute portion anormale de la forme d'onde.

NOTE - Lorsque la valeur de la chute de palier approche 10% de l'amplitude de crête, le point le plus haut définissant le temps de descente peut être remplacé par le dernier moment auquel l'impulsion de crête atteint 80% de l'amplitude de crête.

e) Chute de palier

C'est la différence entre l'amplitude de crête de l'impulsion et l'amplitude de la courbe extrapolée du sommet de l'impulsion, excluant toute pointe ou chute initiale, avec l'intersection de la ligne droite définissant le moment où l'impulsion décroît, exprimée en pourcentage de l'amplitude de crête de l'impulsion.

f) Crête de l'impulsion

C'est l'amplitude maximale de l'impulsion.

g) Dépassement

Valeur dont la crête de l'impulsion dépasse la valeur de l'amplitude de crête de l'impulsion. Ce dépassement est exprimé en pourcentage de l'amplitude de crête de l'impulsion.

h) Alternance inverse

C'est l'amplitude maximale de l'impulsion inverse, c'est-à-dire la portion de l'impulsion après le dépassement du zéro exprimée en pourcentage de l'amplitude de crête de l'impulsion.

i) Alternance directe

C'est l'amplitude maximale de la courbe qui succède à l'alternance inverse exprimée en pourcentage de l'amplitude de crête.

3.3 Pulse waveform parameters (see Figure 1)

a) Peak pulse amplitude, U_m

The maximum value of an extrapolated smooth curve through the top of the pulse, excluding any initial "spike" or "overshoot" the duration of which is less than 10% of the pulse duration.

b) Pulse duration, t_d

The time interval between the first and last instants at which the pulse amplitude equals 50% of the peak pulse amplitude.

c) Pulse rise time, t_r

The interval between the first instant at which the pulse amplitude reaches 10% of the peak pulse amplitude and the first instant at which the pulse amplitude reaches 90% of the peak pulse amplitude, excluding any unwanted or irrelevant portion of the waveform.

d) Pulse fall time, t_f

The interval between the last instant at which the pulse amplitude reaches 90% of the peak pulse amplitude and the next instant at which the pulse amplitude reaches 10% of the peak pulse amplitude, excluding any unwanted or irrelevant portion of the waveform.

NOTE - Where the value of the droop approaches 10% of the peak pulse amplitude, the upper point defining fall time may be replaced by the last instant at which the pulse amplitude reaches 80% of the peak pulse amplitude.

e) Droop

The difference between the peak pulse amplitude and the amplitude of the extrapolated smooth curve through the top of the pulse, excluding any initial "spike" or "overshoot", at its intersection with the straight line through the points defining the pulse fall time, expressed as a percentage of the peak pulse amplitude.

f) Pulse crest

The maximum amplitude of the pulse.

g) Overshoot

The amount by which the pulse crest exceeds the peak pulse amplitude. Overshoot is expressed as a percentage of the peak pulse amplitude.

h) Backswing

The maximum amplitude of the reverse pulse, i.e. the portion of the pulse after the zero-crossing, expressed as a percentage of the peak pulse amplitude.

i) Return backswing

The maximum amplitude of the swing that follows the backswing, expressed as a percentage of the peak pulse amplitude.

j) Durée de rétablissement

Intervalle de temps compris entre la fin du temps de descente de l'impulsion et le dernier moment auquel l'impulsion atteint +10% de l'amplitude de crête. Exceptionnellement cette valeur peut être inférieure à 10%, auquel cas l'intervalle est désigné «X% de la durée de rétablissement».

k) Fréquence de répétition des impulsions, (prf)

C'est la valeur moyenne du nombre d'impulsions par unité de temps quand il est indépendant de la période pendant laquelle il est mesuré.

3.4 Facteur de surtension (facteur Q)

Rapport entre l'énergie stockée et l'énergie dissipée, pendant un cycle, à une fréquence particulière dans un bobinage déterminé. Il est exprimé à partir des réactances et des résistances de perte soit parallèles soit séries.

3.5 Distorsion harmonique

Racine carrée de la somme des carrés de toutes les tensions harmoniques jusqu'au septième harmonique (en excluant la valeur du fondamental) exprimée en pourcentage du fondamental, ou dans un rapport exprimé en décibels.

3.6 Température maximale d'un enroulement

Somme de l'élévation moyenne de température de chaque enroulement du composant à pleine charge quand la stabilité thermique a été obtenue et de la température ambiante maximale spécifiée.

3.7 Produit tension-temps caractéristique

Produit de la tension de l'amplitude de l'impulsion par le temps qui s'écoule à partir du début de l'impulsion et pendant lequel la non-linéarité du courant de magnétisation ne dépasse pas une valeur spécifiée.

3.8 Bruit acoustique de l'environnement

Niveau de bruit mesuré au point de mesure, à l'exclusion de celui qui est produit par le composant en cours d'essai.

3.9 Distance de mesure pour rayonnement

Distance entre l'axe du magnétomètre d'essai ou de la boussole au point le plus près de la surface du composant en cours d'essai, auquel la déviation magnétique est limitée à une valeur déterminée.

**3.10 Facteur de marche
Facteur d'utilisation**

Rapport entre la durée de l'impulsion t_d et la période.

j) Recovery time

The time interval between the end of the pulse fall time and the time at which the pulse amplitude last reaches +10% of the peak pulse amplitude. Exceptionally a figure less than 10% may be used, in which case the interval is termed "the X% recovery time".

k) Pulse repetition frequency (prf)

The average number of pulses in unit time when this is independent of the period over which it is measured.

3.4 *Q factor (quality factor)*

The ratio of the energy stored to the energy dissipated during one cycle at a particular frequency in a specified winding. It is expressed in terms of either the series or the parallel components of reactance and loss resistance.

3.5 *Harmonic distortion*

The square root of the sum of the square of all harmonic voltages up to and including the seventh harmonic (excluding the fundamental) expressed as a percentage or as a ratio in decibels of the fundamental.

3.6 *Maximum winding temperature*

The mean temperature rise of any winding of the component under full load, when thermal stability has been achieved, added to the specified maximum ambient temperature.

3.7 *Voltage-time product rating*

The voltage pulse amplitude multiplied by the time elapsed from the start of the pulse within which the non-linearity of the magnetizing current does not exceed a specified value.

3.8 *Background (acoustic) noise*

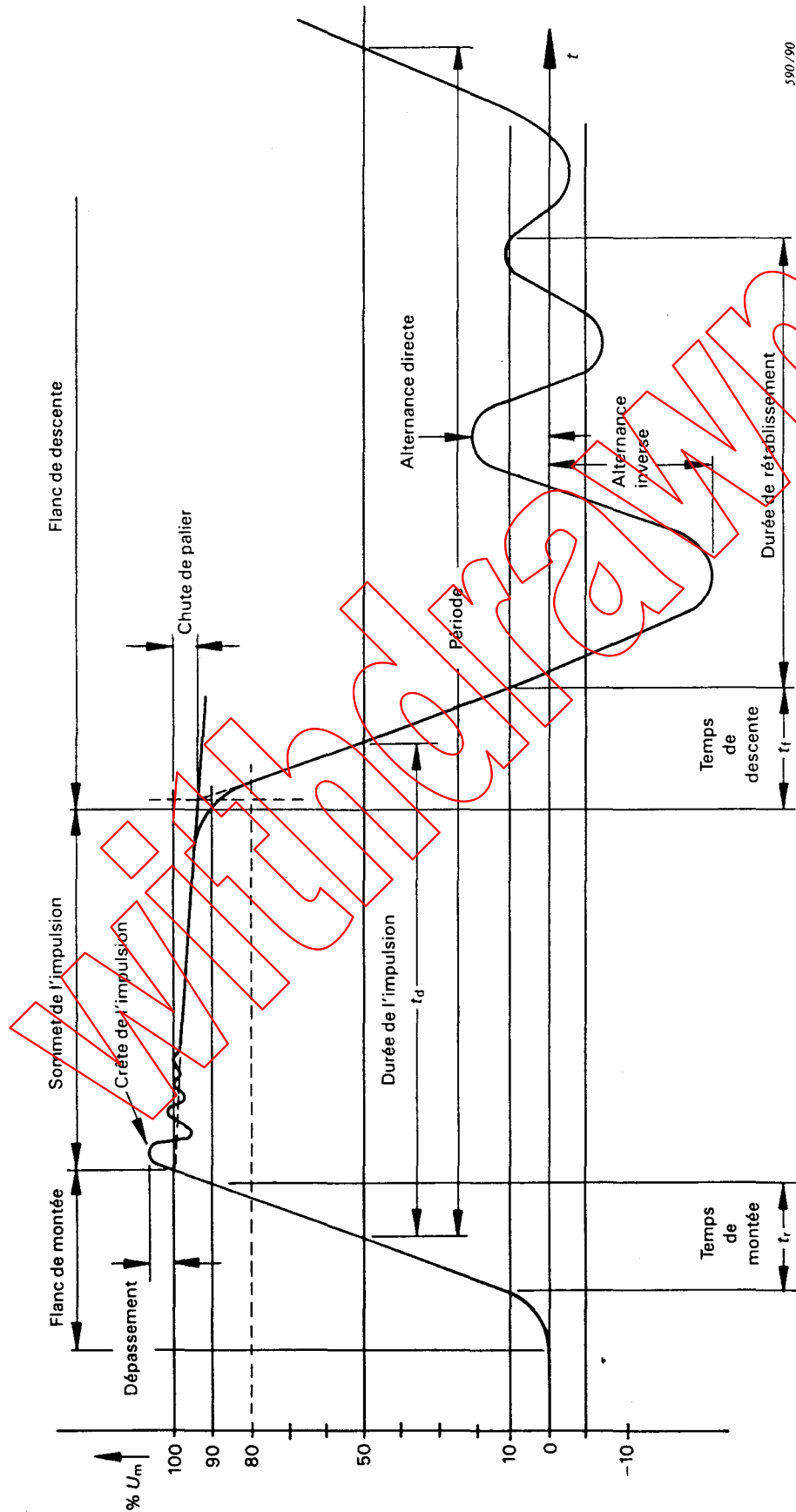
The noise measured at a measuring point with the exclusion of that produced by the component under test.

3.9 *Compass safe distance*

The distance from the pivot of the test magnetometer or compass to the nearest point on the surface of the component under test, at which the magnetic deviation is limited to a stated value.

**3.10 *Duty ratio*
*Duty factor***

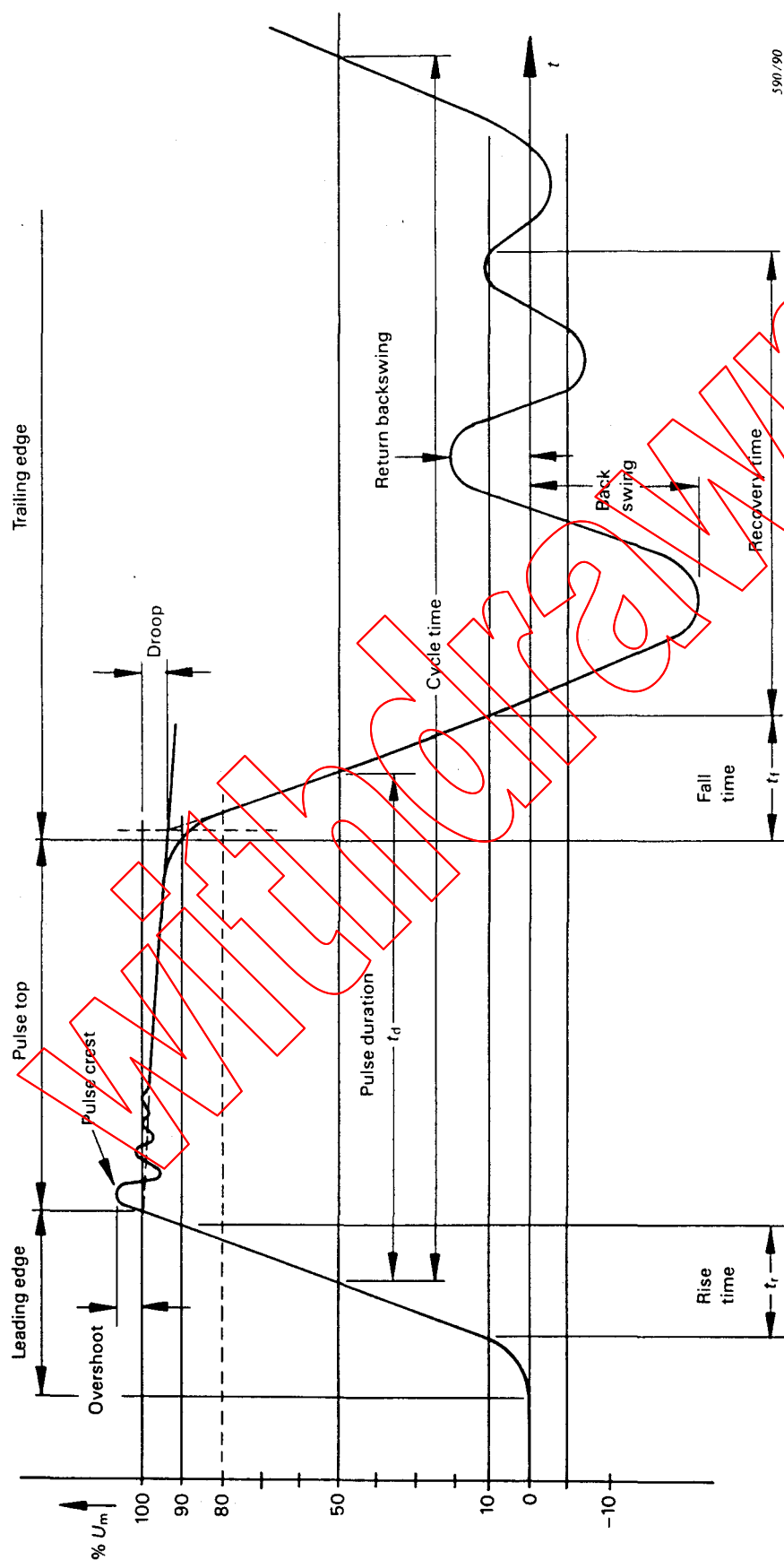
The ratio of pulse duration t_d to the cycle time.



500/90

NOTE - Pour rendre plus claire l'illustration de la chute de palier, les points 80% et 10% ont été utilisés pour construire la ligne permettant de déterminer la frontière entre le sommet de l'impulsion et le flanc de descente.

Figure 1 - Paramètres de forme de l'impulsion



NOTE - For clarity in illustrating droop, the 80% and 10% points have been used in constructing the line which determines the border between the pulse top and the trailing edge.

Figure 1 - Pulse waveform parameters

4. Procédures d'essai

4.1 Conditions d'essai et de mesure

Sauf spécification contraire, tous les essais doivent être faits dans des conditions atmosphériques normales comme celles qui sont spécifiées dans la CEI 68-1. Lorsqu'il y a une condition particulière fixant une température de stabilisation du composant, celle-ci doit être conforme à 4.8 de la CEI 68-1.

Sauf indications contraires prévues dans les spécifications particulières, tous les tensions et courants sont sinusoïdaux. Les valeurs sont prises en valeur efficace et les alimentations polyphasées sont supposées équilibrées.

L'information qui doit être fournie pour compléter les descriptions des méthodes d'essai de cet article doit être spécifiée dans la spécification particulière du composant. La spécification particulière doit en outre spécifier le montage d'essai à utiliser pour un composant prévu pour une application à des fréquences suffisamment hautes pour que la longueur du câblage d'essai ait alors de l'importance.

4.1.1 Précision des mesures

Les limites fixées dans les spécifications particulières sont impératives. Les valeurs de tolérance applicables au système de mesures utilisé doivent être prises en compte quand les mesures servent à vérifier les exigences de la spécification. Lorsque les tolérances, compte tenu des conditions fixées ou des erreurs d'instrument, ont été prescrites, elles doivent être considérées comme des conditions minimales supplémentaires.

4.1.2 Méthodes d'essai équivalentes

Les méthodes d'essai et de mesures données dans les spécifications de référence ne doivent pas être considérées comme les seules méthodes à utiliser. Il existe sur le marché des équipements d'essais et des ensembles d'essais automatiques qui peuvent être également utilisés. Cependant il devra être prouvé au client ou à l'autorité chargée du contrôle (note 1) que les méthodes d'essai de substitution utilisées donnent des résultats identiques (note 2) à ceux que l'on obtiendrait avec les méthodes normalisées. En cas de litige, les méthodes spécifiées seront les seules qui seront utilisées comme base de référence. Les méthodes de substitution ne sont pas décrites dans les spécifications particulières.

NOTES

1 Par exemple l'organisme national de surveillance dans le cadre du contrôle de qualité de la CEI.

2 Par «équivalentes» il faut comprendre que les valeurs d'une caractéristique établies par une autre méthode et qui seraient conformes aux exigences requises pour cette autre méthode tomberaient dans les limites spécifiées si elles étaient établies par la méthode spécifiée.

4.2 Contrôle visuel

Le contrôle visuel est accompli dans les conditions normales d'éclairage de l'atelier sans apport d'aide visuelle complémentaire. Les conditions, la présentation, le marquage et la finition doivent être satisfaisants.

NOTE - Si un éclairage spécial ou un apport d'aide visuelle complémentaire est nécessaire pour l'acceptation de composants particuliers, par exemple de très petits composants, cela peut être spécifié comme essai complémentaire dans la spécification particulière.

4. Test procedures

4.1 Test and measurement conditions

Unless otherwise specified all tests shall be carried out under standard atmospheric conditions for testing as specified in IEC 68-1. Where there is a requirement for components to attain temperature stability this shall be in accordance with 4.8 of IEC 68-1.

Unless otherwise stated in the detail specification all voltages and currents shall be sinusoidal; values shall be taken as r.m.s. and polyphase supplies shall be assumed to be balanced.

The "information to be stated" that is required to complete the descriptions of test methods in this clause shall be specified in the relevant detail specification for the component. The detail specification shall also specify the test fixture to be used in association with a component, where this is intended for use at frequencies high enough for the length of test leads to become significant.

4.1.1 Measurement uncertainty

The limits quoted in detail specifications shall be absolute. The tolerance values applying to the actual measurement system shall be taken into account when the measurements are assessed against specification limits. Where tolerances in respect of set conditions or instrument error have been prescribed these shall be regarded as additional minimum requirements.

4.1.2 Alternative test methods

The test and measurement methods given in the relevant specification shall not be regarded as the only methods to be used. Special test equipment and automatic test sets are available, which may also be used. However, the tester shall satisfy the customer or relevant authority (see Note 1) that any alternative methods which he may use will give results equivalent (see Note 2) to those obtained by standard methods. In the case of dispute, for referee and reference purposes the specified methods only shall be used. Alternative test methods shall not be shown in detail specifications.

NOTES

- 1 Such as a National Supervising Inspectorate within the IECQ scheme.
- 2 By "equivalent" it is meant that the value of the characteristic established by such other method and deemed acceptable in accordance with the limits ascribed to such other method will fall within the specified limits when measured by the specified method.

4.2 Visual inspection

Visual inspection shall be performed under normal factory lighting without visual aids. The condition, workmanship, marking and finish shall be satisfactory.

NOTE - If special lighting and/or visual aids are necessary for the acceptance of particular components (e.g. very small components), these may be specified as additional tests in the relevant detail specification.

4.2.1 Positionnement de l'écran de protection

NOTE - Parfois le terme «écran d'isolation» est utilisé à la place d'«écran de protection».

Objet: Déterminer le positionnement d'un écran par rapport aux bobinages adjacents.

Méthode: L'écran de protection mis en place est contrôlé avant d'être masqué par des bobinages complémentaires. L'écran de protection doit:

- a) couvrir totalement l'enroulement autour duquel il est enroulé, de telle manière que la fin de la bande recouvre le début de la bande d'une quantité au moins égale à celle qui est prescrite dans la spécification particulière;
- b) être suffisamment isolant pour empêcher un court-circuit entre les enroulements;
- c) avoir des bords dépassant suffisamment le bobinage à protéger pour éviter des contacts directs entre les enroulements.

NOTE - Les écrans mis en place autour des bobinages des transformateurs toroïdaux peuvent être constitués par un nombre de tours de bande conductrice, à condition que chaque tour recouvre le tour adjacent par au minimum 5% de la largeur de la bande.

Information à préciser:

- recouvrement minimal.

4.2.2 Qualité des soudures

NOTE - Une bonne soudure fournit un excellent contact entre les parties soudées et une bonne tenue mécanique. Des exemples de bonne soudure sont donnés dans la figure 2. La figure 3 illustre des soudures défectueuses.

Objet: Déterminer la qualité de toutes les soudures.

Méthode: Toutes les soudures doivent être inspectées pour s'assurer que les exigences suivantes sont remplies:

Exigences: Les joints de soudure doivent:

- a) présenter un bon étamage en mettant en évidence le bon écoulement de la soudure avec un bon mouillage de la connexion;
- b) être lisses, sans aspérités;
- c) être brillants et clairs;
- d) ne pas présenter de criques;
- e) avoir une surface concave et le contour du fil doit être visible sous la surface de la soudure;
- f) ne pas avoir bougé durant l'opération de soudage (de tels joints présentent une «pelure d'orange» comme le montre la figure 3a);
- g) ne pas être «secs», c'est-à-dire ne pas présenter une ligne distincte là où les filets de soudure joignent le fil ou ne pas avoir un angle vif entre la soudure et le fil (voir figure 3b);
- h) être enroulés sur la borne de telle manière que cela ne laisse pas de contraintes résiduelles (voir figure 3c);
- i) ne pas présenter un «méchage» (c'est-à-dire que le fil de soudure ne doit pas être surchauffé, laissant le mouvement de la soudure sur les fils multibrins (voir figure 3d)).

4.2.1 *Safety screen position*

NOTE - Sometimes the term "isolating screen" is used as an alternative to "safety screen".

Purpose: To determine the position of a safety screen in relation to adjacent windings.

Procedure: The fitted and positioned safety screen shall be inspected before being obscured by subsequent windings. The safety screen shall:

- a) totally cover the winding around which it is wrapped such that the "finish" end overlaps the "start" end by no less than the amount specified in the detail specification;
- b) be adequately insulated so as not to comprise a short-circuited winding;
- c) have edges extending sufficiently along the winding being screened to prevent direct contact between windings.

NOTE - Screens fitted to toroidal transformers may consist of a number of turns of conductive strip provided that each turn overlaps the adjacent turn by not less than 5% of the strip width.

Information to be stated:

- minimum overlap.

4.2.2 *Quality of solder joints*

NOTE - A good solder joint is one that has excellent electrical contact between the parts joined and good mechanical strength. Examples of good solder joints are shown in figure 2. Figure 3 illustrates defective joints.

Purpose: To determine the quality of all solder joints.

Procedure: All solder joints shall be inspected to ensure that the following requirements are complied with:

Requirements: Soldered joints shall:

- a) exhibit good tinning as evidenced by the free flowing of solder with wetting of the termination;
- b) be smooth with no spikes;
- c) be bright and shiny;
- d) be without rough patches;
- e) shall have a concave surface and the outline of the wire shall be visible under the surface of the solder;
- f) not have been moved during soldering (such joints exhibit an "orange peel" effect, as shown in figure 3a);
- g) not be "dry" (that is, shall not exhibit a distinct line where the solder fillet joins the wire or have a high contact angle between the solder and the wire (see figure 3b);
- h) be wired at terminals in such a way as to leave no residual stress (see figure 3c);
- i) not exhibit "wicking" (that is, the joining wire shall not be overheated, leading to the movement of solder into multi-stranded wires (see figure 3d)).

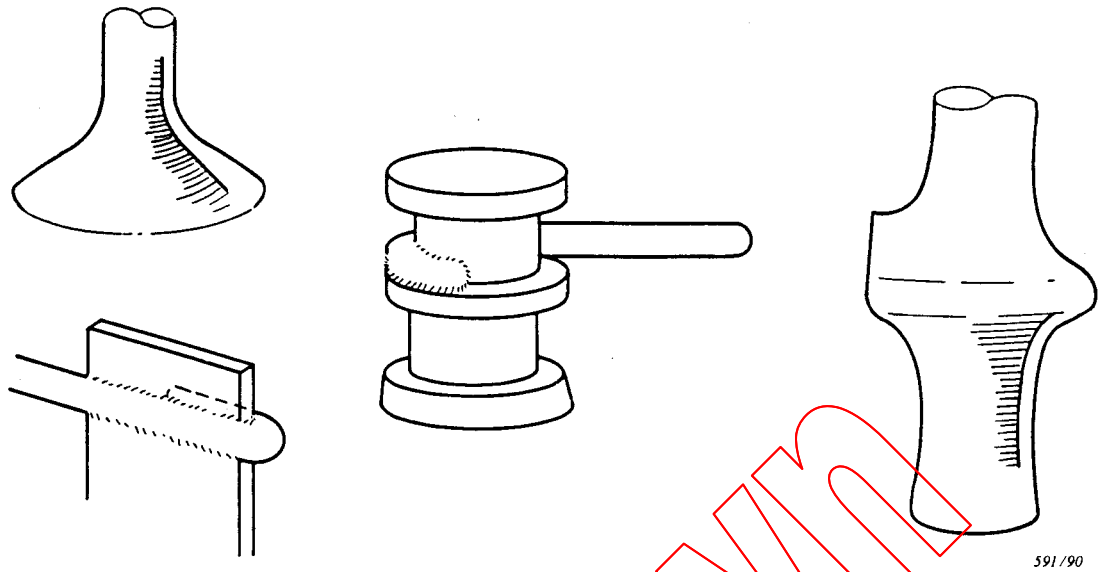


Figure 2 - Exemples de bonnes soudures

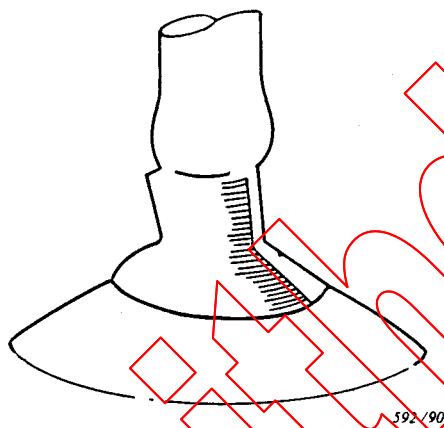


Figure 3a - Soudure déplacée

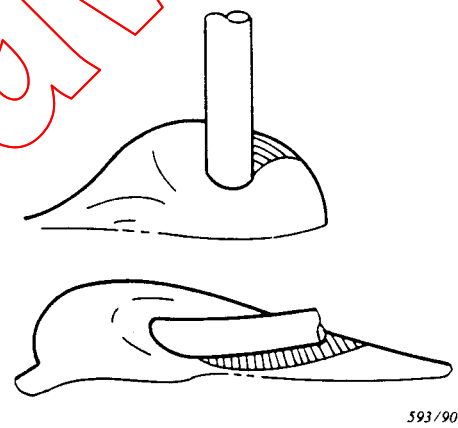


Figure 3b - Soudures sèches

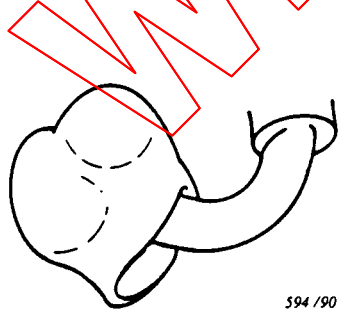


Figure 3c - Soudure mécaniquement contrainte

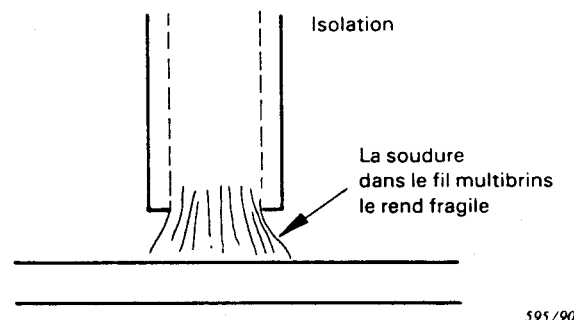


Figure 3c - Méchage

Figure 3 - Exemples de mauvaises soudures

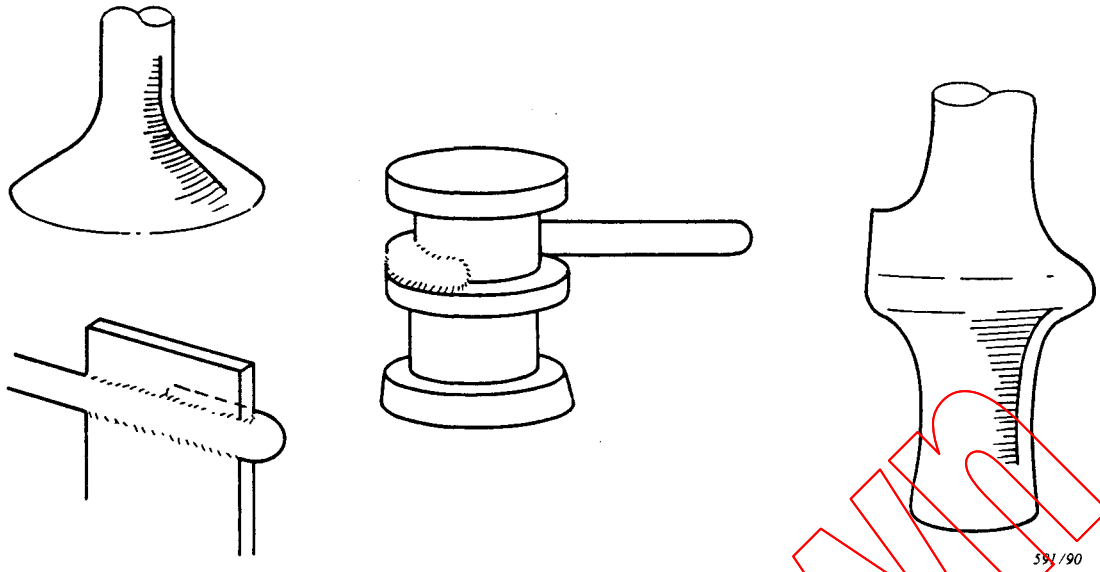


Figure 2 – Examples of good solder joints

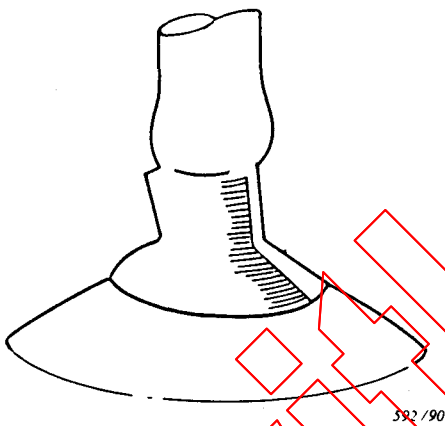


Figure 3a - Moved joint

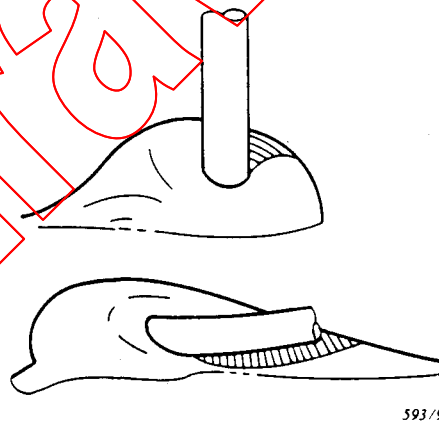


Figure 3b - Dry joints

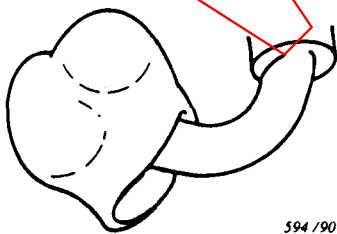


Figure 3c - Mechanically stressed joint

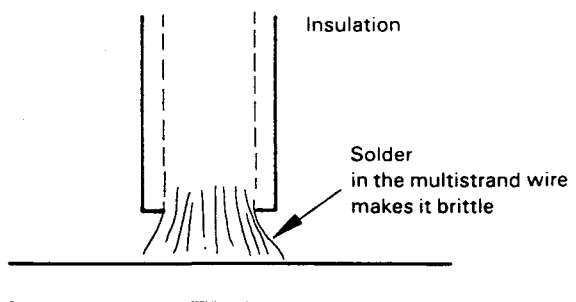


Figure 3c - Wicking

Figure 3 – Examples of defective joints

4.3 Vérification des dimensions

La conformité des dimensions à la spécification particulière est vérifiée.

4.4 Procédures des essais électriques

4.4.1 Résistance des enroulements

4.4.1.1 Résistance des enroulements en courant continu

Objet: Déterminer la valeur de la résistance en courant continu de chaque enroulement, ou des enroulements entre les connexions spécifiées.

Procédure: La résistance est mesurée par une méthode adaptée.

Lorsque cela est requis par les spécifications particulières, la température ambiante θ (en °C) est mesurée et le résultat de la résistance mesurée R_m (en Ω) est corrigée à la valeur correspondante de 20 °C, R_{20} (en Ω) au moyen de la formule suivante:

$$R_{20} = \frac{k + 20}{k + \theta} R_m$$

où k est une constante relative au coefficient thermique de résistivité. Pour les besoins de cette norme, la valeur du cuivre doit être prise égale à 234,5 et l'aluminium à 228,1.

NOTE - Pour des raisons de sécurité, il y a lieu de tenir compte des enroulements qui, en court-circuit, peuvent engendrer des tensions élevées lors de l'interruption du courant.

Informations à préciser:

- a) extrémités entre lesquelles la mesure doit être faite;
- b) si le résultat de la mesure doit être corrigé pour le ramener à 20 °C, la valeur du coefficient à utiliser si le matériau est autre que du cuivre ou de l'aluminium.

NOTES

- 1 La méthode choisie devra être déterminée en fonction de la facilité d'exécution de l'essai, et en fonction de la précision demandée. La précision de l'équipement devra être dix fois meilleure que la précision exigée dans l'essai.
- 2 Le courant de mesure ne devra pas être élevé au point de provoquer un autoéchauffement ou pour avoir un effet magnétique significatif sur le composant.

4.4.1.2 Continuité

Objet: Vérifier la continuité d'un enroulement spécifié.

Méthode: La continuité est établie en utilisant une source adaptée en courant continu ou en courant alternatif et un détecteur adapté.

Information à préciser:

- enroulement qui doit être essayé.

4.3 Dimensioning and gauging procedure

The dimensions shall be verified as being in accordance with the relevant specification.

4.4 Electrical test procedures

4.4.1 Winding resistance

4.4.1.1 D.C. winding resistance

Purpose: To determine the d.c. resistance of a winding or windings between specified terminations.

Procedure: The resistance shall be measured by a suitable method.

Where required by the detail specification, the ambient temperature θ (in °C) shall be measured and the result of the resistance measurement R_m (in Ω) corrected to the corresponding value at 20 °C, R_{20} (in Ω) by means of the following formula:

$$R_{20} = \frac{k + 20}{k + \theta} R_m$$

where k is a constant related to the thermal coefficient of resistivity. For the purposes of this standard, the value for copper shall be taken as 234.5 and for aluminium as 228.1.

NOTE - For safety reasons, consideration should be given to short-circuiting windings capable of producing high voltages at current interruption.

Information to be stated:

- a) terminations between which the measurement is to be made;
- b) whether the result of measurement should be corrected to 20 °C, and if so, the value of k to be used for materials other than copper or aluminium.

NOTES

- 1 The selected method should be determined by the ease of operating the test and the accuracy required. The accuracy of the equipment should be at least ten times better than the accuracy required of the test.
- 2 The measuring current should not be so large as to cause self-heating or to have a significant magnetizing effect on the component.

4.4.1.2 Continuity

Purpose: To verify the continuity of a specified winding.

Procedure: Continuity shall be established using a suitable d.c. or a.c. voltage or current source, and a suitable detector.

Information to be stated:

- winding to be tested.

NOTES

- 1 Le courant devra être suffisamment faible pour ne pas avoir d'effet magnétique significatif sur le composant.
- 2 Des précautions seront prises lors des essais d'un enroulement à haute inductance car une haute tension peut être induite.
- 3 Lorsqu'il y a des conducteurs en parallèle, comme dans le cas d'enroulements multiples ou de composants polyphasés, une vérification de la résistance en courant continu peut être nécessaire pour s'assurer que le conducteur dont on vérifie la continuité n'est pas influencé par des conducteurs shuntés.

4.4.2 Essais d'isolement

4.4.2.1 Epreuve de tension

Objet: S'assurer que l'isolement du composant en essai est conforme.

NOTE - Cet essai n'est pas applicable aux composants ayant des enroulements prévus pour avoir une extrémité ou un point à la terre ou ayant un système d'isolation spécial endommageable par l'essai.

Procédure: Une tension d'essai dont la valeur est choisie dans le tableau ci-dessous, sauf spécification contraire, est appliquée entre deux éléments isolés du composant. Tous les enroulements sont court-circuités. Les enroulements et les écrans d'un côté de l'isolation sont connectés au châssis, au noyau et à la terre alors que les enroulements et les écrans de l'autre côté sont connectés ensemble.

Tensions d'essai

Tension de crête V_{pk}	Valeur efficace de la tension d'essai (45 – 65 Hz) V_{eff}	Valeur continue de la tension d'essai V
<25	50	71
>25 à 50	100	141
>50 à 100	300	424
>100 à 175	500	707
>175 à 700	2,8 x tension de crête	4 x tension de crête
>700	1,4 x tension de crête + 1 000	2 x tension de crête + 1 400

La tension d'essai doit être augmentée à une vitesse convenable n'excédant pas 2 kV par seconde, à partir de zéro jusqu'à la valeur spécifiée et maintenue à cette valeur pendant le temps spécifié (sauf si un claquage se produit), puis ramenée à zéro à la même vitesse.

Pour les composants remplis d'isolants liquides, excepté ceux qui sont conçus pour fonctionner dans un seul plan et qui sont ainsi repérés, environ la moitié de l'échantillonnage à vérifier est essayé avec ses bornes sur le dessus et l'autre moitié avec ses bornes sur le dessous.

NOTES

- 1 The current should not be so large as to have a significant magnetizing effect on the component.
- 2 Care should be taken in testing a winding with a high inductance value as a high voltage may be generated.
- 3 Where there are parallel paths, as with multiple windings or in polyphase components, a d.c. resistance check may be necessary to ensure that the path under examination is not being influenced by shunt paths.

4.4.2 *Insulation tests*4.4.2.1 *Electric strength test*

Purpose: To ensure that the insulation of the component under test is adequate.

NOTE - This test is not applicable to components having windings designed to have one end or point earthed*, or having a special insulation system liable to damage by the test.

Procedure: A test voltage whose value is selected from the table below, unless otherwise specified, shall be applied between specified pairs of isolated elements of the component. All windings shall be short-circuited. Windings and screens on one side of the insulation system shall be connected to frame, core and earth while windings and screens on the other side shall be connected together.

Electric strength test voltages

Peak working voltage V_{pk}	A.C. test voltage, 45 – 65 Hz (r.m.s.) $V_{r.m.s.}$	D.C. test voltage V
<25	50	71
>25 to 50	100	141
>50 to 100	300	424
>100 to 175	500	707
>175 to 700	2,8 x peak working voltage	4 x peak working voltage
>700	1,4 x peak working voltage + 1 000	2 x peak working voltage + 1 400

The test voltage shall be increased at a convenient rate but not exceeding 2 kV per second, from zero to the specified value, maintained at this value for the specified time (unless breakdown occurs), then decreased to zero at the same rate.

For fluid-filled components, except for those designed for operation in one plane only and so marked, approximately half the test sample shall be tested with terminals uppermost and half with the terminals underneath.

* In the USA, "ground" is used in place of "earth" and "grounded" in place of "earthed".

Si des conditions d'environnement particulières sont prévues pour cet essai, le composant doit être placé pendant un minimum de 6 h sauf spécification contraire dans les conditions spécifiées. (Se reporter à la CEI 68 pour des instructions concernant les essais d'environnement.)

Il ne doit y avoir ni échauffement, ni claquage, ni détérioration. L'ionisation ne doit pas être considérée comme un critère de claquage. Le courant de fuite ne doit pas dépasser la valeur spécifiée.

Informations à préciser:

- a) extrémités entre lesquelles l'essai doit être fait;
- b) tension d'essai;
- c) fréquence de la tension alternative d'essai (si elle est différente de celle qui est indiquée dans le tableau);
- d) durée de l'essai;
- e) courant de fuite maximal s'il est spécifié.

NOTES

1 Si un claquage apparaît pendant l'essai, il peut, dans un premier temps, être détecté par un accroissement sporadique et intermittent du courant de fuite, suivi par une augmentation significative jusqu'à une valeur plus élevée constante qui, dans bon nombre de cas d'essais de puissance, est accompagnée d'une chute partielle ou totale de la tension. Ce type de claquage peut être causé par un claquage partiel des parties ionisées ou par une isolation détériorée, qui se traduit alors par une destruction complète sous forme d'un arc de surface ou d'une perforation.

2 Les tensions utilisées pour l'essai peuvent être dangereuses. Une attention particulière sera prise pour réaliser cet essai.

4.4.2.2 Essai de tension induite

Objet: Vérifier la conformité de l'isolation des bobinages et des isolants internes des transformateurs et des inductances.

Méthode 1: Applicable aux transformateurs et inductances prévus pour l'alimentation par ondes sinusoïdales.

Une tension spécifiée égale à au moins deux fois la tension assignée d'alimentation et à une fréquence égale à au moins deux fois la plus basse des fréquences assignées est appliquée aux bornes de l'enroulement spécifié. La durée de son application et la manière dont elle est appliquée doivent être comme celles qui sont spécifiées dans la spécification particulière.

Méthode 2: Applicable aux transformateurs et inductances prévus pour l'alimentation par impulsions.

Une tension dont l'amplitude des impulsions est égale à au moins deux fois l'amplitude nominale de l'impulsion est appliquée aux bornes de l'enroulement. Elle est appliquée à une fréquence spécifiée de répétition des impulsions égale à au moins 25% de la fréquence nominale maximale de répétition des impulsions; la durée

If a specified environmental conditioning is required for this test the component shall be held for a minimum of 6 h unless otherwise specified in the specified conditions. (See IEC 68 for information on environmental testing.)

There shall be no evidence of heating, breakdown or deterioration. Ionization shall not be regarded as a criterion of breakdown. The leakage current shall not exceed the specified value.

Information to be stated:

- a) terminations between which the test is to be made;
- b) test voltage;
- c) frequency of a.c. test voltage (if different from the values shown in the table);
- d) test duration;
- e) maximum leakage current, if specified.

NOTES

1 If breakdown occurs during the test it can at first be detected by sporadic and intermittent increases in leakage current followed by a significant increase to a constant higher value which, on many electric strength test sets, is accompanied by a partial or complete collapse of the voltage. This type of breakdown may be caused by partial breakdown in ionized voids and weakened insulation which then avalanches to complete breakdown in the form of arc-over or arc-through.

2 Electric strength test voltages may be hazardous. Extreme care should be taken in performing this test.

4.4.2.2 Induced voltage test

Purpose: To verify the adequacy of inter-turn and inter-layer insulation of transformers and inductors.

Procedure 1: Applicable to transformers and inductors intended for energizing by sinusoidal waveforms.

A specified test voltage of not less than twice the rated supply voltage at a frequency of not less than twice the lowest rated frequency shall be applied across the specified winding. The duration and manner of application shall be as specified in the detail specification.

Procedure 2: Applicable to transformers and inductors intended for energizing by pulse waveforms.

Specified test voltage pulses of amplitude not less than twice the rated pulse amplitude, at a specified pulse repetition frequency of not less than 25% of the maximum rated pulse repetition frequency and with a specified pulse duration not less than 25%

spécifiée de l'impulsion est égale à au moins 25% et normalement* au plus à 50% de la durée nominale maximale de l'impulsion. La durée de son application et la manière dont elle est appliquée doivent être comme celles qui sont spécifiées dans la spécification particulière.

Méthode 3: Applicable aux transformateurs et inductances prévus pour l'alimentation par ondes non sinusoïdales telles que celles qui sont utilisés dans les applications de puissance fonctionnant avec des semi-conducteurs en mode commuté.

Une tension spécifiée de forme sinusoïdale dont la valeur de crête est égale à au moins deux fois la valeur maximale nominale de crête à la tension d'entrée et à une fréquence spécifiée, choisie comme indiqué ci-après, est appliquée aux bornes de l'enroulement spécifié. La durée de son application et la manière dont elle est appliquée doivent être comme celles qui sont spécifiées dans la spécification particulière.

La fréquence à spécifier doit être telle que sa période soit normalement** moins grande que la plus petite demi-période effective de la forme d'onde de fonctionnement pour laquelle le composant est prévu, par exemple dans le cas de largeur d'impulsion dont les formes sont modulées symétriquement ou asymétriquement la demi-période effective doit être prise comme étant le temps de marche effectif minimal de l'interrupteur électronique.

Durée d'application de la tension pour les méthodes 1, 2 et 3

La durée d'application de la tension doit être spécifiée selon a) ou b):

- a) La tension d'essai est appliquée en croissant du tiers de la tension spécifiée à sa pleine valeur et maintenue à cette valeur pendant 60 ± 5 s puis ramenée au tiers de la valeur spécifiée et enfin à 0.
- b) 5 s à 10 s (valeur à indiquer).

Méthode 4: Applicable aux enroulements prévus pour fonctionner avec un point spécifié à un potentiel au-dessus de la terre.

Tout enroulement prévu pour fonctionner avec un point à un potentiel au-dessus de la terre doit (en complément aux exigences des méthodes 1, 2 ou 3) avoir ce point amené à un potentiel égal à deux fois la valeur de crête de fonctionnement spécifiée.

Si le potentiel appliqué à ce point est alternatif, on prendra soin de s'assurer que ce potentiel est en phase avec la haute tension induite dans l'enroulement.

* Des durées d'impulsion supérieures à 50% de la durée maximale assignée peuvent être spécifiées à condition qu'il soit démontré que cela n'entraîne pas de saturation du noyau ou d'autres anomalies.

** Une fréquence d'essai plus basse peut être spécifiée à condition qu'il soit démontré que cela n'entraîne pas de saturation du noyau ou d'autres anomalies.

of the rated maximum pulse duration and normally* not greater than 50% of the rated pulse duration shall be applied across the winding. The duration and manner of application shall be as specified in the detail specification.

Procedure 3: Applicable to transformers and inductors intended for energizing by non-sinusoidal periodic waveforms such as those in power supplies operating with semi-conductors in a switched mode.

A specified sinusoidal test voltage of peak value not less than twice the maximum rated peak value for the input voltage waveform and at a specified frequency, derived as follows, shall be applied across the specified winding. The duration and manner of application shall be as specified in the detail specification.

The test frequency shall be such that its cyclic period is normally** not greater than the effective shortest half-cycle period of the operative waveform for which the component is intended e.g. in the case of pulse width modulated symmetrical or asymmetrical waveforms the effective half-cycle shall be taken to be the effective minimum on-time of the electronic switch.

Duration for application of test voltage in Procedures 1, 2 and 3

The duration of application of the test voltage shall be specified as one of the following:

- a) The applied voltage shall be raised from one-third of the specified voltage to the full value which shall then be maintained for 60 ± 5 s before reducing the voltage to one-third of its value and hence to zero.
- b) 5 s to 10 s (value to be stated).

Procedure 4: Applicable to windings intended to be operated with a specified point at a potential above earth.

Any winding intended to be operated with a point at a potential above earth shall (in addition to the requirements of Procedures 1, 2 or 3) have this point raised to a potential equal to twice the peak specified operating value.

If the potential applied to the point above earth is alternating, precaution shall be taken to ensure that this potential is in phase with the induced high-voltage potential in the winding.

* Pulse durations greater than 50% of the rated maximum value may be specified provided that core flux saturation or other abnormalities are shown not to be incurred thereby.

** A lower test frequency may be specified provided that core flux saturation or other abnormalities are shown not to be incurred thereby.

Exigences:

Il ne doit y avoir ni échauffement, ni claquage, ni détérioration. L'ionisation ne doit pas être considérée comme un critère de claquage.

Informations à préciser dans la spécification particulière:

- a) tension d'essai (efficace ou de crête, selon le cas);
- b) enroulements auxquels la tension est appliquée (voir note);
- c) point de l'enroulement prévu pour être connecté à un potentiel connu et valeur de ce potentiel (si applicable);
- d) durée d'application de la tension d'essai;
- e) fréquence de l'essai ou fréquence de répétition des impulsions (selon le cas);
- f) durée de l'impulsion (applicable à la méthode 2).

NOTE - La source fournissant la tension d'essai peut être connectée à d'autres enroulements qu'à l'enroulement normal d'entrée afin d'obtenir les tensions nécessaires.

4.4.2.3 Résistance d'isolement

Objet: Mesurer la résistance de l'isolement entre les différentes parties d'un composant.

Méthode: Sauf spécification contraire, la résistance d'isolement doit être mesurée avec une tension continue de:

100 ± 15 V pour des enroulements avec une tension de crête inférieure à 500 V,
ou

500 ± 50 V pour des enroulements avec une tension de crête supérieure ou égale à 500 V.

La tension d'essai est appliquée jusqu'à ce qu'une valeur stabilisée soit obtenue ou, à défaut, pendant 60 ± 5 s.

Si des conditions d'environnement spécifique sont requises, le composant doit être maintenu dans les conditions spécifiées pendant un minimum de 6 h, sauf spécification contraire. (Voir la CEI 68 pour les renseignements concernant les essais d'environnement.)

Informations à préciser:

- a) extrémités entre lesquelles la mesure doit être faite;
- b) la tension de crête de travail de chaque enroulement;
- c) les conditions d'environnement.

4.4.3 Pertes

4.4.3.1 Courant à vide

Objet: Vérifier que le circuit est de la qualité requise, qu'il est correctement assemblé et qu'il n'y a pas de parties en court-circuit dans les bobinages.

Requirements:

There shall be no evidence of heating, breakdown or deterioration. Ionization shall not be regarded as a criterion of breakdown.

Information to be stated in the detail specification:

- a) the test voltage (r.m.s. or peak as applicable);
- b) the winding(s) to be energized (see note);
- c) the winding point intended to be connected to a known potential and the value of this potential (if applicable);
- d) the duration of application of test voltage;
- e) the test frequency or pulse repetition frequency (as applicable);
- f) the pulse duration (applicable to Procedure 2).

NOTE - A source of test voltage may be connected to windings other than the normal input winding in order to obtain the necessary voltages.

4.4.2.3 Insulation resistance

Purpose: To measure the resistance of the insulation between the various parts of the component.

Procedure: Unless otherwise specified the insulation resistance shall be measured with a d.c. voltage of either:

100 ± 15 V for windings with peak working voltage < 500 V, or

500 ± 50 V for windings with peak working voltage ≥ 500 V.

The test voltage shall be applied until a steady reading is obtained or, failing that, for 60 ± 5 s.

If a specified environmental conditioning is required the component shall be held in the specified condition for a minimum of 6 h, unless otherwise specified. (See IEC 68 for information on environmental testing.)

Information to be stated:

- a) terminations between which the measurement is to be made;
- b) peak working voltage of each winding;
- c) environmental conditioning.

4.4.3 Losses**4.4.3.1 No-load current**

Purpose: To verify that the core is of the required quality and is correctly assembled and that there are no short-circuited parts of the windings.