

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

871-4

Première édition
First edition
1996-08

**Condensateurs shunt pour réseaux à courant
alternatif de tension assignée supérieure à 1 000 V –**

**Partie 4:
Fusibles internes**

**Shunt capacitors for a.c. power systems
having a rated voltage above 1 000 V –**

**Part 4:
Internal fuses**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 871-4: 1996

Validité de la présente publication

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la CEI afin qu'il reflète l'état actuel de la technique.

Des renseignements relatifs à la date de reconfirmation de la publication sont disponibles auprès du Bureau Central de la CEI.

Les renseignements relatifs à ces révisions, à l'établissement des éditions révisées et aux amendements peuvent être obtenus auprès des Comités nationaux de la CEI et dans les documents ci-dessous:

- **Bulletin de la CEI**
- **Annuaire de la CEI**
Publié annuellement
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement

Terminologie

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 50: *Vocabulaire Electrotechnique International* (VEI), qui se présente sous forme de chapitres séparés traitant chacun d'un sujet défini. Des détails complets sur le VEI peuvent être obtenus sur demande. Voir également le dictionnaire multilingue de la CEI.

Les termes et définitions figurant dans la présente publication ont été soit tirés du VEI, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Symboles graphiques et littéraux

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera:

- la CEI 27: *Symboles littéraux à utiliser en électro-technique;*
- la CEI 417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles;*
- la CEI 617: *Symboles graphiques pour schémas;*

et pour les appareils électromédicaux,

- la CEI 878: *Symboles graphiques pour équipements électriques en pratique médicale.*

Les symboles et signes contenus dans la présente publication ont été soit tirés de la CEI 27, de la CEI 417, de la CEI 617 et/ou de la CEI 878, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Publications de la CEI établies par le même comité d'études

L'attention du lecteur est attirée sur les listes figurant à la fin de cette publication, qui énumèrent les publications de la CEI préparées par le comité d'études qui a établi la présente publication.

Validity of this publication

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology.

Information relating to the date of the reconfirmation of the publication is available from the IEC Central Office.

Information on the revision work, the issue of revised editions and amendments may be obtained from IEC National Committees and from the following IEC sources:

- **IEC Bulletin**
- **IEC Yearbook**
Published yearly
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates

Terminology

For general terminology, readers are referred to IEC 50: *International Electrotechnical Vocabulary* (IEV), which is issued in the form of separate chapters each dealing with a specific field. Full details of the IEV will be supplied on request. See also the IEC Multilingual Dictionary.

The terms and definitions contained in the present publication have either been taken from the IEV or have been specifically approved for the purpose of this publication.

Graphical and letter symbols

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications:

- IEC 27: *Letter symbols to be used in electrical technology;*
- IEC 417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets;*
- IEC 617: *Graphical symbols for diagrams;*

and for medical electrical equipment,

- IEC 878: *Graphical symbols for electromedical equipment in medical practice.*

The symbols and signs contained in the present publication have either been taken from IEC 27, IEC 417, IEC 617 and/or IEC 878, or have been specifically approved for the purpose of this publication.

IEC publications prepared by the same technical committee

The attention of readers is drawn to the end pages of this publication which list the IEC publications issued by the technical committee which has prepared the present publication.

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

871-4

Première édition
First edition
1996-08

**Condensateurs shunt pour réseaux à courant
alternatif de tension assignée supérieure à 1 000 V –**

**Partie 4:
Fusibles internes**

**Shunt capacitors for a.c. power systems
having a rated voltage above 1 000 V –**

**Part 4:
Internal fuses**

© CEI 1996 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

CODE PRIS
PRICE CODE

K

Pour prix, voir catalogue en vigueur
For price, see current catalogue

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	4
Articles	
1 Domaine d'application et objet.....	6
2 Référence normative	6
3 Définitions	6
4 Prescriptions concernant les performances	6
4.1 Généralités	6
4.2 Prescriptions concernant la déconnexion	8
4.3 Prescriptions concernant la tenue	8
5 Essais	8
5.1 Essais individuels	8
5.2 Essais de type	10
5.3 Essai de déconnexion des fusibles	10
Annexes	
A Méthodes d'essai pour l'essai de déconnexion des fusibles internes	14
B Guide pour la coordination de la protection par fusible	18

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
Clause	
1 Scope and object	7
2 Normative reference	7
3 Definitions	7
4 Performance requirements	7
4.1 General	7
4.2 Disconnecting requirements	9
4.3 Withstand requirements	9
5 Tests	9
5.1 Routine tests	9
5.2 Type tests	11
5.3 Disconnecting test on fuses	11
Annexes	
A Test procedures for the disconnecting test on internal fuses	15
B Guide for coordination of fuse protection	19

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

CONDENSATEURS SHUNT POUR RÉSEAUX À COURANT ALTERNATIF DE TENSION ASSIGNÉE SUPÉRIEURE À 1 000 V -

Partie 4: Fusibles internes

AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Electrotechnique 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. 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 documents produits se présentent sous la forme de recommandations internationales. Ils sont publiés comme normes, rapports techniques ou guides et agréés comme tels par les Comités nationaux.
- 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 recommandation de la CEI et la norme nationale 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) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Norme internationale 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 871-4 a été établie par le comité d'études 33 de la CEI: Condensateurs de puissance.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
33/222/FDIS	33/245/RVD

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

L'annexe A fait partie intégrante de cette norme.

L'annexe B est donnée uniquement à titre d'information.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**SHUNT CAPACITORS FOR AC POWER SYSTEMS
HAVING A RATED VOLTAGE ABOVE 1 000 V –****Part 4: Internal fuses**

FOREWORD

- 1) The IEC (International Electrotechnical Commission) 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, the IEC publishes International Standards. 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. The 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 the 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 National Committees.
- 3) The documents produced have the form of recommendations for international use and are published in the form of standards, technical reports or guides and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 4) In order to promote international unification, IEC National Committees undertake to apply IEC International Standards transparently to the maximum extent possible in their national and regional standards. Any divergence between the IEC Standard and the corresponding national or regional standard shall be clearly indicated in the latter.
- 5) The IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with one of its standards.
- 6) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this International Standard may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 871-4 has been prepared by IEC technical committee 33: Power capacitors.

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

FDIS	Report on voting
33/222/FDIS	33/245/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.

Annex A forms an integral part of this standard.

Annex B is for information only.

CONDENSATEURS SHUNT POUR RÉSEAUX À COURANT ALTERNATIF DE TENSION ASSIGNÉE SUPÉRIEURE À 1 000 V -

Partie 4: Fusibles internes

1 Domaine d'application et objet

La présente partie de la CEI 871 s'applique aux fusibles internes qui sont destinés à isoler les éléments en défaut et permettre ainsi le maintien en service de la partie saine de l'unité et de la batterie à laquelle cette unité est raccordée. Ils ne sont pas destinés à se substituer à un dispositif de coupure, par exemple un disjoncteur ou une protection externe de la batterie de condensateurs ou une partie de celle-ci.

La présente partie de la CEI 871 a pour objet de formuler des prescriptions relatives aux performances et aux essais et de fournir un guide pour la coordination de la protection par fusibles internes.

2 Référence normative

Le document normatif suivant contient des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente partie de la CEI 871. Au moment de la publication, l'édition indiquée était en vigueur. Tout document normatif est sujet à révision et les parties prenantes aux accords fondés sur la présente partie de la CEI 871 sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer l'édition la plus récente du document normatif indiqué ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

CEI 871-1: 1987, *Condensateurs shunt destinés à être installés sur des réseaux à courant alternatif de tension assignée supérieure à 1 000 V - Première partie: Généralités - Caractéristiques fonctionnelles, essais et valeurs assignées - Règles de sécurité - Guide d'installation et d'exploitation*
Amendement 1 (1991)

3 Définitions

Pour les besoins de la présente partie de la CEI 871, les définitions de la CEI 871-1 s'appliquent.

4 Prescriptions concernant les performances

4.1 Généralités

Le fusible est connecté en série avec le ou les éléments qu'il doit isoler si ce ou ces éléments se mettent en défaut. Les plages de courant et tension du fusible dépendent donc de la conception du condensateur et, dans certains cas, également de la batterie à laquelle il est connecté.

SHUNT CAPACITORS FOR AC POWER SYSTEMS HAVING A RATED VOLTAGE ABOVE 1 000 V –

Part 4: Internal fuses

1 Scope and object

This part of IEC 871 applies to internal fuses which are designed to isolate faulty capacitor elements, in order to allow operation of the remaining parts of that capacitor unit and the bank in which the capacitor unit is connected. Such fuses are not a substitute for a switching device such as a circuit-breaker, or for external protection of the capacitor bank or any part thereof.

The object of this part of IEC 871 is to formulate requirements regarding performance and testing and to provide a guide for co-ordination of fuse protection.

2 Normative reference

The following normative document contains provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this part of IEC 871. At the time of publication, the edition indicated was valid. All normative documents are subject to revision, and parties to agreements based on this part of IEC 871 are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent edition of the normative document indicated below. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 871-1: 1987, *Shunt capacitors for a.c. power systems having a rated voltage above 1 000 V – Part 1: General – Performance, testing and rating – Safety requirements – Guide for installation and operation*
Amendment 1 (1991)

3 Definitions

For the purpose of this part of IEC 871, the definitions of IEC 871-1 apply.

4 Performance requirements

4.1 General

The fuse is connected in series to the element(s) which the fuse is intended to isolate if the element(s) becomes faulty. The range of currents and voltages for the fuse is therefore dependent on the capacitor design, and in some cases also on the bank in which the fuse is connected.

Les prescriptions sont valables pour une batterie ou un condensateur raccordés à des disjoncteurs fonctionnant sans réamorçage. Si les disjoncteurs sont sujets à réamorçage, d'autres prescriptions doivent faire l'objet d'un accord entre constructeur et acheteur.

Le fonctionnement d'un fusible interne est en général déterminé par l'un des deux facteurs ci-après ou par les deux:

- l'énergie fournie par la décharge des éléments ou des unités connectés en parallèle avec l'élément ou l'unité en défaut;
- le courant de défaut à fréquence industrielle.

4.2 Prescriptions concernant la déconnexion

Le fusible doit déconnecter l'élément en défaut lorsque le claquage électrique des éléments se produit sous une tension entre les bornes de l'unité, à l'instant du défaut, comprise entre une valeur inférieure $u_1 = 0,9 \times \sqrt{2} U_N$ et une valeur supérieure (instantanée) $u_2 = 2,0 \times \sqrt{2} U_N$

Les valeurs u_1 et u_2 sont basées sur la tension qui peut normalement exister entre les bornes du condensateur unitaire à l'instant où l'élément claque.

La valeur u_2 est de nature transitoire et on a tenu compte de l'amortissement des circuits.

Si l'acheteur spécifie des valeurs u_1 et u_2 différentes de celles indiquées, par exemple pour des condensateurs pour filtre, les limites inférieure et supérieure de la tension d'essai doivent être modifiées conformément à un accord entre le constructeur et l'acheteur.

4.3 Prescriptions concernant la tenue

4.3.1 Après le fonctionnement du fusible, l'intervalle créé par la fusion du fusible doit supporter la pleine tension des éléments, plus toute tension de déséquilibre due à l'ouverture du circuit, ainsi que toute surtension transitoire de courte durée survenant normalement durant la vie du condensateur.

4.3.2 Au cours de la vie du condensateur, les fusibles doivent être capables de supporter en permanence un courant égal ou supérieur au courant maximal admissible de l'unité divisé par le nombre de voies en parallèle protégées par les fusibles.

4.3.3 Les fusibles doivent être capables de supporter les courants d'appel dus aux manoeuvres d'ouverture et de fermeture prévues au cours de la vie du condensateur.

4.3.4 Les fusibles connectés aux éléments sains doivent être capables de supporter les courants de décharge dus au claquage d'éléments.

4.3.5 Les fusibles doivent être capables de supporter les courants de défaut consécutifs aux courts-circuits se produisant sur la batterie, à l'extérieur de la ou des unités, dans la plage de tension spécifiée en 4.2.

5 Essais

5.1 Essais individuels

Les fusibles doivent être en mesure de satisfaire à tous les essais individuels d'un condensateur unitaire selon la CEI 871-1.

The requirements are valid for a bank or a capacitor switched by restrike-free circuit-breakers. If the circuit-breakers are not restrike-free, other requirements shall be agreed between manufacturer and purchaser.

The operation of an internal fuse is in general determined by one or both of the two following factors:

- the discharge energy from elements or units connected in parallel with the faulty element or unit;
- the power-frequency fault current.

4.2 Disconnecting requirements

The fuse shall enable the faulty element to be disconnected when electrical breakdown of elements occurs in a voltage range, in which $u_1 = 0,9 \times \sqrt{2} U_N$ is the lowest, and $u_2 = 2,0 \times \sqrt{2} U_N$ is the highest (instantaneous) value of the voltage between the terminals of the unit at the instant of fault.

The u_1 and u_2 values are based on the voltage that may normally occur across the capacitor unit terminals at the instant of electrical breakdown of the element.

The u_2 value is of a transient nature and allowance has been made for damping.

If the purchaser specifies u_1 and u_2 values other than those indicated, for example for filter capacitors, the lower and upper test voltage limits shall be changed according to an agreement between manufacturer and purchaser.

4.3 Withstand requirements

4.3.1 After operation, the fuse assembly shall withstand full element voltage, plus any unbalance voltage due to fuse action, and any short-time transient overvoltages normally experienced during the life of the capacitor.

4.3.2 Throughout the life of the capacitor, the fuses shall be capable of carrying continuously a current equal to or greater than the maximum permissible unit current divided by the number of parallel fused paths.

4.3.3 The fuses shall be capable of withstanding the inrush-currents due to the switching operations expected during the life of the capacitor.

4.3.4 The fuses connected to the undamaged elements shall be able to carry the discharge currents due to the breakdown of elements.

4.3.5 The fuses shall be able to carry the currents due to short-circuit faults on the bank external to the unit(s) occurring within the voltage range in accordance with 4.2.

5 Tests

5.1 Routine tests

The fuses shall be able to withstand all routine tests of the capacitor unit in accordance with IEC 871-1.

5.1.1 Essai de décharge

Les condensateurs équipés de fusibles internes doivent être soumis à un essai de décharge à travers un éclateur placé aussi près que possible du condensateur sans qu'aucune impédance additionnelle soit ajoutée au circuit, le condensateur étant préalablement chargé sous une tension continue à $1,7 U_N$ (voir note).

La capacité doit être mesurée avant et après l'essai de décharge. La différence entre les deux valeurs mesurées doit être inférieure à celle correspondant au fonctionnement d'un fusible interne.

L'essai de décharge peut être réalisé avant ou après l'essai de tenue en tension entre bornes (CEI 871-1, article 9). Cependant, s'il est effectué après l'essai de tenue en tension entre bornes, il doit être suivi d'une mesure de la capacité à la tension assignée pour détecter d'éventuels fonctionnements des fusibles.

Si, à la suite d'accord avec l'acheteur, celui-ci accepte des condensateurs avec des fusibles ayant fonctionné, l'essai de tenue en tension entre bornes (CEI 871-1, article 9) doit être fait après l'essai de décharge.

NOTE – Il est admis que la charge sous tension continue soit obtenue à partir d'une tension alternative de tension crête de $1,7 U_N$, en déconnectant le condensateur au zéro de courant. Le condensateur est alors immédiatement déchargé à partir de cette tension crête.

En variante, si le condensateur est déconnecté à une tension légèrement supérieure à $1,7 U_N$, on peut retarder l'instant de la décharge jusqu'à ce que la résistance de décharge ait réduit la tension à $1,7 U_N$.

5.2 Essais de type

5.2.1 Les fusibles doivent être en mesure de satisfaire à tous les essais de type d'un condensateur unitaire selon la CEI 871-1 et la CEI 871-2.

La ou les unités doivent avoir subi avec succès tous les essais individuels prévus par la CEI 871-1.

5.2.2 L'essai de déconnexion des fusibles (voir 5.3) doit être effectué, au choix du constructeur, soit sur une unité complète, soit sur deux unités, l'une d'elles étant essayée à la limite inférieure de tension et l'autre à la limite supérieure de tension, comme indiqué en 5.3.1.

NOTE – En raison des conditions d'essai, de mesure et de sécurité, il peut être nécessaire d'apporter quelques modifications à l'unité ou aux unités soumises aux essais, par exemple, celles qui sont indiquées à l'annexe A. Voir aussi les différentes méthodes d'essai à l'annexe A.

5.2.3 Les essais de type sont valables s'ils sont effectués sur un ou des condensateurs de conception identique à celle du condensateur proposé ou sur un ou des condensateurs ne s'en écartant pas au point d'affecter les propriétés qui doivent être contrôlées par les essais de type.

5.3 Essai de déconnexion des fusibles

5.3.1 Méthodes d'essai

L'essai de déconnexion des fusibles doit être effectué à la limite inférieure de tension $0,9 \times U_N$ et à la limite supérieure de tension $2,2 \times U_N$.

5.1.1 Discharge test

Capacitors having internal fuses shall be subjected to one short-circuit discharge test, from a d.c. voltage of $1,7 U_N$ through a gap situated as closely as possible to the capacitor, without any additional impedance in the circuit (see note).

The capacitance shall be measured before and after the discharge test. The difference between the two measurements shall be less than an amount corresponding to one internal fuse operation.

The discharge test may be made before or after the voltage test between terminals (see IEC 871-1, clause 9). However, if it is made after the voltage test between terminals, a capacitance measurement at rated voltage shall be made afterwards to detect fuse operation.

If, by agreement with the purchaser, capacitors are accepted with operated fuses, the voltage test between terminals (IEC 871-1, clause 9) shall be made after the discharge test.

NOTE – It is permitted that d.c. charging voltage be generated by initially energizing with an a.c. voltage of $1,7 U_N$ peak value and disconnecting at a current zero. The capacitor is then immediately discharged from this peak value.

Alternatively, if the capacitor is disconnected at a slightly higher voltage than $1,7 U_N$, the discharge may be delayed until the discharge resistor reduces the voltage to $1,7 U_N$.

5.2 Type tests

5.2.1 The fuses shall be able to withstand all type tests of the capacitor units in accordance with IEC 871-1 and IEC 871-2.

The unit(s) shall have passed all routine tests stated in IEC 871-1.

5.2.2 The disconnecting test on fuses (see 5.3) shall be performed either on one complete capacitor unit or, at the choice of the manufacturer, on two units, one unit being tested at the lower voltage limit, and one unit at the upper voltage limit, in accordance with 5.3.1.

NOTE – Due to testing, measuring and safety circumstances, it may be necessary to make some modifications to the unit(s) under test; for example those indicated in annex A. See also the different test methods given in annex A.

5.2.3 Type tests are considered valid if they are performed on capacitor(s) of a design identical with that of the capacitor offered, or on a capacitor(s) of a design that does not differ from it in any way that might affect the properties to be checked by the type tests.

5.3 Disconnecting test on fuses

5.3.1 Test procedures

The disconnecting test on fuses shall be performed at the lower voltage limit of $0,9 \times U_N$ and at the upper voltage limit of $2,2 \times U_N$.

Si l'essai est effectué sous tension continue, la tension d'essai doit être égale à $\sqrt{2}$ fois la tension d'essai alternative correspondante.

Si l'essai est effectué sous tension alternative, le déclenchement du claquage de l'élément sur une crête de tension n'est pas nécessaire pour l'essai à la limite inférieure de tension.

Quelques méthodes d'essai sont indiquées à l'annexe A.

5.3.2 Mesure de la capacité

Après l'essai, la capacité doit être mesurée afin de vérifier que les fusibles ont fonctionné. On doit utiliser une méthode de mesure suffisamment sensible pour détecter la variation de capacité due au fonctionnement d'un fusible.

5.3.3 Inspection de l'unité

Avant l'ouverture de l'enveloppe, on ne doit y constater aucune déformation significative.

Après l'ouverture de l'enveloppe, on doit contrôler que:

- a) il n'apparaît aucune déformation significative des fusibles sains;
- b) pas plus d'un fusible supplémentaire (ou le dixième du total de ceux qui protègent des éléments directement raccordés en parallèle) a été détérioré (voir note 1 de l'article A.1). Si la méthode b) de l'annexe A est utilisée, on doit tenir compte de la note 1 de l'article A.1.

NOTES

- 1 Un noircissement peu marqué de l'impregnant n'affecte pas la qualité du condensateur.
- 2 Des charges piégées dangereuses peuvent être présentes sur les éléments déconnectés, soit par le fonctionnement des fusibles, soit par les dommages provoqués au niveau des connexions. Il convient de décharger tous les éléments avec beaucoup de précaution.

5.3.4 Essai diélectrique après l'ouverture de l'enveloppe

Un essai diélectrique sous une tension continue de $3,5 \times U_{Ne}$ (U_{Ne} tension de l'élément), appliquée pendant 10 s, doit être effectué entre l'élément claqué et la borne opposée du fusible qui a fonctionné. Durant l'exécution de l'essai il convient que l'élément et le fusible ne soient pas enlevés de l'unité. Pendant cet essai, l'intervalle entre les bornes du fusible doit être noyé dans l'impregnant. Aucun claquage ne doit se produire entre les bornes du fusible ou entre une partie du fusible et les autres parties de l'unité.

NOTE – Pour les unités dont la totalité des éléments est en parallèle ou pour toutes celles pour lesquelles on utilise les méthodes d'essai b), c), d) ou e) de l'annexe A, il est possible de remplacer cet essai par un essai sous tension alternative exécuté avant l'ouverture de l'unité. La tension d'essai appliquée entre les bornes est calculée en fonction des rapports de capacité, de sorte que la tension appliquée entre l'élément claqué et la borne opposée du fusible qui a fonctionné soit égale à $3,5 \times U_{Ne} / 2$.

If the test is carried out with d.c., the test voltage shall be $\sqrt{2}$ times the corresponding a.c. test voltage.

If the test is carried out with a.c., the triggering of the element failure with a voltage peak shall not be necessary for the test at the lower voltage limit.

Certain test methods are indicated in annex A.

5.3.2 Capacitance measurement

After the test, the capacitance shall be measured to prove that the fuses have blown. A measuring method shall be used that is sufficiently sensitive to detect the capacitance change caused by one blown fuse.

5.3.3 Inspection of the unit

Before opening, no significant deformation of the container shall be apparent.

After opening the container, a check shall be made to ensure that:

- a) no significant deformation of sound fuses is apparent;
- b) no more than one additional fuse (or one-tenth of fused elements directly in parallel) has been damaged (see note 1 of clause A.1). If method b) given in annex A is used, note 1 of clause A.1 shall be observed.

NOTES

- 1 A small amount of blackening of the impregnant will not affect the quality of the capacitor.
- 2 Dangerous trapped charges may be present on elements disconnected either by operated fuses or by damage to their connections. All elements should be discharged with great care.

5.3.4 Voltage test after opening the container

A voltage test shall be carried out by applying a d.c. voltage of $3,5 \times U_{Ne}$ (U_{Ne} element voltage) for 10 s across the broken down element and the gap in its blown fuse. The element and the fuse should not be removed from the unit for this test. During the test, the gap shall be in the impregnant. No breakdown over the fuse gap or between any part of the fuse and any other part of the unit is allowed.

NOTE – For units with all elements in parallel and for all units if test procedure b), c), d), or e) indicated in annex A is used, this test can be replaced by an a.c. test before the opening of the unit. The test voltage between the terminals is calculated using the capacitance ratio such that the voltage across the breakdown element and the gap in its blown fuse is $3,5 \times U_{Ne} / 2$.

Annexe A (normative)

Méthodes d'essai pour l'essai de déconnexion des fusibles internes

A.1 Généralités

On doit utiliser une des méthodes a), b), c), d), e) ou une méthode de remplacement.

La tension aux bornes du condensateur et l'intensité du courant traversant le condensateur doivent être enregistrées pendant l'essai pour vérifier que le fusible a déconnecté correctement. Pour un essai réalisé en tension continue, la tension d'essai doit être maintenue au moins 30 s après le claquage, pour avoir la certitude que le fusible a interrompu correctement le circuit sans coupure de la source de tension.

Pour vérifier l'aptitude des fusibles à limiter le courant pour l'essai pratiqué à la limite supérieure de tension, la chute de tension, transitoire exclu, ne doit pas dépasser 30 % aux bornes du fusible qui a fonctionné.

Si la chute de tension excède 30 %, des précautions doivent être prises pour s'assurer que l'énergie stockée dans les éléments reliés en parallèle et le courant de défaut à fréquence industrielle que l'installation d'essai peut fournir représentent bien les conditions de service. Un essai doit alors être fait dans ces conditions pour démontrer que le fonctionnement des fusibles est satisfaisant.

NOTES

- 1 Au cours de l'essai effectué à la limite supérieure de tension, un fusible supplémentaire (ou le dixième du total de ceux qui protègent des éléments directement raccordés en parallèle) connecté à un ou des éléments sains peut être endommagé.
- 2 Durant l'exécution de l'essai, il convient de prendre des précautions contre une explosion possible du condensateur unitaire et la projection explosive de la pointe.

A.2 Méthodes d'essai

a) *Préchauffage du condensateur*

L'unité est préchauffée dans une étuve avant d'appliquer la tension alternative d'essai à la limite inférieure de tension. La température de préchauffage (100 °C à 150 °C) est choisie par le constructeur de façon que le premier claquage survienne au bout d'une durée assez courte (de quelques minutes à quelques heures).

NOTES

- 1 Pour éviter une pression interne trop forte de l'imprégnant par suite de la température élevée, l'unité peut être équipée d'un tube d'expansion muni d'une valve qui est fermée lors de la mise sous tension.
- 2 On peut utiliser une température de préchauffage plus basse pour réaliser l'essai à la limite supérieure de tension, afin d'éviter que des claquages se produisent avant d'atteindre la tension d'essai.

b) *Perçage mécanique de l'élément*

Le perçage mécanique de l'élément est réalisé au moyen d'une pointe enfoncée dans un trou préalablement percé dans l'enveloppe. La tension d'essai peut être continue ou alternative, au choix du constructeur.

Annex A (normative)

Test procedures for the disconnecting test on internal fuses

A.1 General

One of the test procedures a), b), c), d), e) or an alternative method, shall be used.

The capacitor voltage and current shall be recorded during the test to verify that the fuse has disconnected correctly. For d.c. testing, the test voltage shall be maintained for at least 30 s after breakdown to ensure that the disconnection of the fuse is unaided by disconnection of the power supply.

To verify the current-limiting behaviour of the fuses when tested at the upper voltage limit, the voltage drop, excluding transient, across the blown fuse shall not exceed 30 %.

If the voltage drop exceeds 30 %, precaution shall be taken to make certain that the parallel stored energy and the power-frequency fault current available from the test system are representative of service conditions. A test shall then be made under these conditions to demonstrate satisfactory operation of the fuse.

NOTES

- 1 At the upper voltage limit, one additional fuse (or one-tenth of the fused elements directly in parallel) connected to a sound element(s) is allowed to be damaged.
- 2 Precautions should be taken when performing this test against the possible explosion of a capacitor unit and the explosive projection of the nail.

A.2 Test procedures

a) Capacitor preheating

The capacitor unit is preheated in a chamber before applying the a.c. test voltage at the lower voltage limit. Preheating temperature (100 °C to 150 °C) is chosen by the manufacturer to achieve a practical short time (some minutes to some hours) to the first breakdown.

NOTES

- 1 To prevent excessive internal liquid pressure due to high temperature, the unit may be equipped with a relief tube including a valve which is closed at the instant of applying the test voltage.
- 2 A lower preheating temperature may be used when applying the test voltage at the upper voltage limit, in order to avoid breakdowns before reaching the test voltage.

b) Mechanical puncture of the element

Mechanical puncture of the element is made by a nail, which is forced into the element through a pre-drilled hole in the container. The test voltage may be d.c. or a.c., the choice being left to the manufacturer.