

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60143-3

Première édition
First edition
1998-01

**Condensateurs série destinés à être installés
sur des réseaux –**

**Partie 3:
Fusibles internes**

Series capacitors for power systems –

**Part 3:
Internal fuses**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 60143-3:1998

Numéros des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000.

Publications consolidées

Les versions consolidées de certaines publications de la CEI incorporant les amendements sont disponibles. Par exemple, les numéros d'édition 1.0, 1.1 et 1.2 indiquent respectivement la publication de base, la publication de base incorporant l'amendement 1, et la publication de base incorporant les amendements 1 et 2.

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 dans le Catalogue 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**
Accès en ligne*
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement (Accès en ligne)*

Terminologie, symboles graphiques et littéraux

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 60050: *Vocabulaire Electrotechnique International* (VEI).

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera la CEI 60027: *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique*, la CEI 60417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles*, et la CEI 60617: *Symboles graphiques pour schémas*.

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.

* Voir adresse «site web» sur la page de titre.

Numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series.

Consolidated publications

Consolidated versions of some IEC publications including amendments are available. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

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 in the IEC catalogue.

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**
On-line access*
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates (On-line access)*

Terminology, graphical and letter symbols

For general terminology, readers are referred to IEC 60050: *International Electrotechnical Vocabulary* (IEV).

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications IEC 60027: *Letter symbols to be used in electrical technology*, IEC 60417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets* and IEC 60617: *Graphical symbols for diagrams*.

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.

* See web site address on title page.

NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD

CEI
IEC

60143-3

Première édition
First edition
1998-01

**Condensateurs série destinés à être installés
sur des réseaux –**

**Partie 3:
Fusibles internes**

Series capacitors for power systems –

**Part 3:
Internal fuses**

© IEC 1998 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.

International Electrotechnical Commission
Telefax: +41 22 919 0300

3, rue de Varembé Geneva, Switzerland
e-mail: inmail@iec.ch IEC web site <http://www.iec.ch>



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

L

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

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	4
Articles	
SECTION 1: GÉNÉRALITÉS	
1.1 Domaine d'application et objet	6
1.2 Références normatives	6
1.3 Définitions	6
SECTION 2 : PRESCRIPTIONS CONCERNANT LES PERFORMANCES	
2.1 Généralités	8
2.2 Prescriptions concernant la déconnexion	8
2.3 Prescriptions concernant la tenue	10
SECTION 3 : ESSAIS	
3.1 Essais individuels	10
3.2 Essais de type	12
Annexes	
A Méthodes d'essai pour l'essai de déconnexion des fusibles internes	16
B Guide pour la coordination de la protection par fusible	20
C Bibliographie	22

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
Clause	
SECTION 1: GENERAL	
1.1 Scope and object.....	7
1.2 Normative references.....	7
1.3 Definitions	7
SECTION 2: PERFORMANCE REQUIREMENTS	
2.1 General	9
2.2 Disconnecting requirements.....	9
2.3 Withstand requirements.....	11
SECTION 3: TESTS	
3.1 Routine tests	11
3.2 Type tests.....	13
Annexes	
A Test procedures for the disconnecting test on internal fuses.....	17
B Guide for coordination of fuse protection.....	21
C Bibliography.....	23

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

CONDENSATEURS SÉRIE DESTINÉS À ÊTRE INSTALLÉS SUR DES RÉSEAUX –

Partie 3: 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 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) 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 60143-3 a été établie par le comité d'études 33 de la CEI: Condensateurs de puissance.

Cette publication annule et remplace la CEI 60595 (1977).

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
33/284/FDIS	33/286/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.

Les annexes B et C sont données uniquement à titre d'information.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

SERIES CAPACITORS FOR POWER SYSTEMS –**Part 3: 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. The IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 60143-3 has been prepared by IEC technical committee 33: Power capacitors.

This publication cancels and replaces IEC 60595 (1977).

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

FDIS	Report on voting
33/284/FDIS	33/286/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.

Annexes B and C are for information only.

CONDENSATEURS SÉRIE DESTINÉS À ÊTRE INSTALLÉS SUR DES RÉSEAUX –

Partie 3: Fusibles internes

Section 1: Généralités

1.1 Domaine d'application et objet

Les fusibles internes répondant à la présente partie de la CEI 60143 sont destinés à isoler les éléments en défaut d'un condensateur, 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 norme a pour objet

- de formuler des prescriptions relatives aux performances et aux essais;
- de fournir un guide pour la coordination de la protection par fusibles internes.

NOTE – Les fusibles externes pour les condensateurs série sont traités dans la CEI 60143-1, Annexe A «Règles d'essais et guide d'application pour fusibles externes et unités à protéger par fusibles externes».

1.2 Références normatives

Les documents normatifs suivants contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente partie de la CEI 60143. Au moment de la publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Tout document normatif est sujet à révision et les parties prenantes aux accords fondés sur la présente partie de la CEI 60143 sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer l'édition la plus récente des documents normatifs indiqués ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

CEI 60050(436):1990, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 436: Condensateurs de puissance*

CEI 60143-1:1992, *Condensateurs série destinés à être installés sur des réseaux – Généralités, caractéristiques fonctionnelles, essais et valeurs assignées – Règles de sécurité – Guide d'installation*

CEI 60143-2:1994, *Condensateurs série destinés à être installés sur des réseaux – Matériel de protection pour les batteries de condensateurs série*

1.3 Définitions

Pour les besoins de la présente partie de la CEI 60143, les définitions suivantes s'appliquent.

1.3.0 Définitions pour la partie relative aux condensateurs et aux accessoires: elles sont conformes à la CEI 60143-1 et à la CEI 60143-2.

NOTE – Dans cette norme, le terme «éléments» est utilisé d'après les définitions contenues dans les publications CEI traitant de condensateurs, et non d'après celles traitant de fusibles.

SERIES CAPACITORS FOR POWER SYSTEMS –

Part 3: Internal fuses

Section 1: General

1.1 Scope and object

This part of IEC 60143 concerns internal fuses designed to isolate faulty capacitor elements, 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 standard is

- to formulate requirements regarding performance and testing;
- to provide a guide for coordination of fuse and bank protection.

NOTE – External fuses for series capacitors are treated in IEC 60143-1, annex A: "Test requirements and application guide for external fuses and units to be externally fused".

1.2 Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this part of IEC 60143. At the time of publication, the editions indicated were valid. All normative documents are subject to revision, and parties to agreements based on this part of IEC 60143 are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent edition of the normative documents indicated below. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 60050(436):1990, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 436: Power capacitors*

IEC 60143-1:1992, *Series capacitors for power systems – Part 1: General – Performance, testing and rating – Safety requirements – Guide for installation*

IEC 60143-2:1994, *Series capacitors for power systems – Part 2: Protective equipment for series capacitor banks*

1.3 Definitions

For the purpose of this part of IEC 60143, the following definitions apply.

1.3.0 Definitions of capacitor parts and accessories: these are in accordance with IEC 60143-1 and IEC 60143-2.

NOTE – In this standard, the word "elements" is used in accordance with the definitions contained in IEC capacitor publications, and not in accordance with the IEC fuse publications.

1.3.1

fusible interne

fusible connecté en série avec un élément ou avec un groupe d'éléments à l'intérieur d'une unité de condensateurs

1.3.2

tension limite (U_{lim})

valeur maximale de la tension instantanée, divisée par $\sqrt{2}$, apparaissant aux bornes du condensateur. Cette tension apparaît soit pendant le fonctionnement de la varistance, soit immédiatement avant l'amorçage de l'éclateur

1.3.3

tension assignée (d'un condensateur) (U_N)

valeur efficace de la tension entre les bornes, déduite des valeurs assignées de la capacité, du courant et de la fréquence [VEI 436-01-15 modifié]

1.3.4

protection de batterie

terme général concernant tous les matériels de protection relatifs à une batterie de condensateurs, ou à une partie de celle-ci

1.3.5

protection de déséquilibre

dispositif sensible à une différence de capacité entre des branches de batterie normalement équilibrées. Cette différence de capacité peut être due au fonctionnement de fusible(s), ou à un défaut d'isolement dans la batterie

NOTE – D'autres dispositifs de protection, tels que les protections contre les surintensités et les protections de terre, n'ont pas à être définis car ils sont communément utilisés pour d'autres applications.

Section 2 : Prescriptions concernant les performances

2.1 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 courants et de tensions du fusible dépendent donc de la conception du condensateur et, dans certains cas, également de la batterie à laquelle il est connecté.

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.

2.2 Prescriptions concernant la déconnexion

Le fusible doit être capable de déconnecter les éléments défectueux lorsque le claquage 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 et une valeur supérieure (instantanée) u_2 .

Les valeurs recommandées pour u_1 et u_2 sont les suivantes:

$$u_1 = 0,5 \sqrt{2} U_N$$

$$u_2 = \sqrt{2} U_{lim}$$

1.3.1**internal fuse**

fuse connected inside a capacitor unit in series with an element or group of elements

1.3.2**limiting voltage (U_{lim})**

maximum instantaneous voltage appearing between the capacitor terminals, divided by $\sqrt{2}$. This voltage appears either during operation of the varistor or immediately before sparkover of the spark gap

1.3.3**rated voltage (of a capacitor) (U_N)**

r.m.s. value of the voltage between the terminals, derived from rated capacitance, rated current and rated frequency [IEV 436-01-15 modified]

1.3.4**bank protection**

general term for all protective equipment for a capacitor bank, or part thereof

1.3.5**unbalance protection:**

device sensitive to capacitance difference between branches of the bank normally in balance with each other. The capacitance difference may be due to a blown fuse(s), or an insulation failure within the bank

NOTE – Other protective devices, such as overcurrent and earth fault protection, are self-explanatory, since they are commonly used for other applications.

Section 2: Performance requirements

2.1 General

The fuse is connected in series with 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 design of the bank in which the fuse is connected.

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.

2.2 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 is the lowest, and u_2 is the highest (instantaneous) value of the voltage between the terminals of the unit at the instant of fault.

The recommended values for u_1 and u_2 are the following:

$$u_1 = 0,5 \sqrt{2} U_N$$

$$u_2 = \sqrt{2} U_{lim}$$

Pour u_1 , d'autres valeurs peuvent faire l'objet d'un accord entre fabricant et acheteur.

La valeur u_2 est de nature transitoire.

Les valeurs de u_1 et u_2 ci-dessus sont basées sur la tension qui se produit normalement entre les bornes de l'unité de condensateurs, au moment du claquage électrique de l'élément.

L'acheteur doit indiquer les valeurs de u_1 et u_2 si elles diffèrent de celles indiquées. Dans ce cas, on doit modifier en conséquence les valeurs indiquées en 3.2.3.1 et 3.2.4.

La valeur de u_2 ne doit pas être dépassée en raison de la protection contre les surtensions. Une valeur de tension inférieure à u_1 peut se produire en service, mais il est peu probable que des claquages se produisent dans de telles conditions.

2.3 Prescriptions concernant la tenue

2.3.1 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.

2.3.2 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 (compte tenu des harmoniques), divisé par le nombre de voies en parallèle protégées par les fusibles. En outre, le fusible doit supporter les courants de service indiqués à l'article 4.1 de la CEI 60143-1.

2.3.3 Le fusible connecté aux éléments sains doit être capable de supporter les courants de décharge dus au claquage d'éléments.

2.3.4 Le fusible doit être capable 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 à l'article 2.2.

Le fusible doit être capable de supporter les courants de décharge de forte amplitude et à haute fréquence, qui résultent d'un contournement de la plate-forme ou d'un défaut de varistance.

Section 3: Essais

3.1 Essais individuels

3.1.1 Les fusibles doivent être en mesure de satisfaire à tous les essais individuels d'un condensateur unitaire selon la CEI 60143-1.

3.1.2 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 de $1,7 U_N (= 1,2 \times \sqrt{2} \times U_N)$ (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.

For u_1 , other values can be agreed upon between purchaser and manufacturer.

The u_2 value is of a transient nature.

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

The purchaser shall specify if the u_1 and u_2 values differ from the stated ones. If so, the values stated in 3.2.3.1 and in 3.2.4 shall be changed accordingly.

The u_2 value cannot be exceeded due to the overvoltage protector. A voltage lower than the u_1 value can occur in service, but breakdowns are unlikely to take place under these conditions.

2.3 Withstand requirements

2.3.1 After operation, the gap in the blown fuse 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.

2.3.2 Throughout the life of the capacitor, the fuse shall be capable of carrying continuously a current equal to or greater than the maximum permissible capacitor unit current (which includes harmonics), divided by the number of parallel fused paths. In addition, the fuse shall withstand the working currents given in clause 4.1 of IEC 60143-1.

2.3.3 The fuse connected to the undamaged element(s) shall be able to carry the discharge currents due to the breakdown of element(s).

2.3.4 The fuse 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 clause 2.2.

The fuse shall be capable of withstanding the high-amplitude, high-frequency discharge current that will arise as a consequence of a flashover to platform fault or a varistor failure.

Section 3: Tests

3.1 Routine tests

3.1.1 The fuses shall be able to withstand all routine tests of the capacitor unit in accordance with IEC 60143-1.

3.1.2 Discharge test

Capacitors having internal fuses shall be subjected to one short-circuit discharge test, from a d.c. voltage of $1,7 U_N (= 1,2 \times \sqrt{2} \times U_N)$, (see note) through a gap situated as closely as possible to the capacitor, without any additional impedance in the circuit.

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.

L'essai de décharge peut être réalisé avant ou après l'essai de tenue en tension entre bornes (voir l'article 2.5 de la CEI 60143-1). 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 normal de tenue en tension entre bornes 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 $1,7 U_N$.

3.2 Essais de type

3.2.1 Généralités

Les fusibles doivent être en mesure de satisfaire à tous les essais de type d'un condensateur unitaire selon la CEI 60143-1.

La ou les unités doivent avoir subi avec succès tous les essais individuels prévus par la CEI 60143-1.

L'essai de déconnexion des fusibles 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 3.2.3.1.

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.

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.

3.2.2 Essai de décharge sur les fusibles

3.2.2.1 Les fusibles doivent être soumis à l'essai de décharge de l'article 2.13 de la CEI 60143-1.

3.2.2.2 Afin de contrôler que les fusibles n'ont pas fonctionné, on doit mesurer la capacité avant et après l'essai. On doit utiliser une méthode suffisamment sensible pour détecter la variation de capacité due au fonctionnement d'un fusible.

3.2.3 Essai de déconnexion des fusibles

3.2.3.1 Méthodes d'essai

L'essai de déconnexion des fusibles doit être effectué à la limite inférieure de tension alternative de $0,5 \times U_N$ et à la limite supérieure de tension de $1,1 \times U_{lim}$.

NOTE – Pour la valeur supérieure de la tension d'essai alternative, l'énergie de décharge des éléments en parallèle fera normalement fonctionner le fusible, alors qu'à la valeur inférieure de la tension d'essai alternative, un courant à fréquence industrielle est en principe nécessaire.

The discharge test may be made before or after the voltage test between terminals (see clause 2.5 of IEC 60143-1). 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 normal voltage test between terminals shall be made after the discharge test.

NOTE – It is permitted that a 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 $1,7 U_N$.

3.2 Type tests

3.2.1 General

The fuses shall be able to withstand all type tests of the capacitor unit(s) in accordance with IEC 60143-1.

The unit(s) shall have passed all routine tests stated in IEC 60143-1.

The disconnecting test on fuses 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 3.2.3.1.

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.

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.

3.2.2 Discharge test on fuses

3.2.2.1 The fuses shall be subjected to the discharge test stated in clause 2.13 of IEC 60143-1.

3.2.2.2 To prove that the fuses have not operated, a capacitance measurement shall be made before and after the test. A measuring method shall be used that is sufficiently sensitive to detect the capacitance change caused by one blown fuse.

3.2.3 Disconnecting test on fuses

3.2.3.1 Test procedures

The disconnecting test on fuses shall be performed at the lower a.c. test voltage of $0,5 \times U_N$, and at the upper test voltage of $1,1 \times U_{lim}$.

NOTE – For the upper a.c. test voltage, the discharge energy of parallel elements will normally blow the fuse, whereas at the lower a.c. test voltage, a power-frequency current is normally required to blow the fuse.

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

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.

3.2.3.2 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.

3.2.3.3 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.

NOTE 1 – Un noircissement peu marqué de l'imprégnant n'affecte pas la qualité du condensateur.

NOTE 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.

3.2.4 Essai diélectrique après l'ouverture de l'enveloppe

Un essai diélectrique sous une tension continue de $1,7 \times U_{\text{lim}}$, appliquée pendant 10 s, doit être effectué entre l'élément claqué et la borne opposée du fusible qui a fonctionné. Pendant cet essai, l'intervalle entre les bornes du fusible doit être noyé dans l'imprégnant.

Aucun claquage ne doit se produire entre les bornes du fusible.

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 la valeur donnée en 3.2.4, divisée par $\sqrt{2}$.

Certain test methods are indicated in annex A.

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

3.2.3.2 Capacitance measurement

After the test, the capacitance shall be measured to prove that the fuse(s) has (have) blown.

A measuring method shall be used that is sufficiently sensitive to detect the capacitance change caused by one blown fuse.

3.2.3.3 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.

NOTE 1 – A small amount of blackening of the impregnant will not affect the quality of the capacitor.

NOTE 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.

3.2.4 Voltage test after opening the container

A d.c. test voltage equal to $1,7 \times U_{lim}$ shall be applied for 10 s across the broken-down element and the gap in its blown fuse. During the test, the gap shall be in the impregnant.

No breakdown over the fuse gap is allowed.

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 the value given in 3.2.4, divided by $\sqrt{2}$.

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.

En l'absence d'accord préalable, le choix est laissé au constructeur: voir également la note du 3.2.1.

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 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 le fusible ne satisfait pas à cette prescription, 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 peut fournir représentent bien les conditions de service. Un essai doit alors être fait pour démontrer que le fonctionnement des fusibles est satisfaisant.

NOTE 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.

NOTE 2 – Il convient que la tension d'essai soit maintenue quelques secondes après un claquage, de façon à s'assurer que le fusible a fonctionné correctement, sans coupure de la source de tension.

NOTE 3 – 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.

Pour les procédures b), c), d) et e), la coordination du claquage d'un élément avec la valeur de crête de la tension alternative n'est pas nécessaire pour l'essai à la limite inférieure de tension.

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).

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.

NOTE – 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.

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.

Si on utilise une tension alternative, on doit enregistrer le courant dans le condensateur pendant l'essai, ainsi que l'instant du perçage afin d'être sûr que le claquage de l'élément se produise sur la crête de tension, ou au voisinage immédiat de celle-ci.

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.

If no agreement has been reached, the choice is left to the manufacturer: see also the note in 3.2.1.

The capacitor voltage and current shall be recorded during the test to verify that the fuse has disconnected correctly.

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 fuse does not fulfil this requirement, precautions shall be taken to make certain that the parallel stored energy and the power-frequency fault current available from the system are representative of service conditions. A test shall then be made to demonstrate the satisfactory operation of the fuse.

NOTE 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.

NOTE 2 – The test voltage should be maintained some seconds after a breakdown, to ensure that the fuse has disconnected correctly, unaided by disconnection of the power supply.

NOTE 3 – Precautions should be taken when performing this test against the possible explosion of a capacitor unit and the explosive projection of the nail.

For procedures b), c), d) and e), coordination of the element failure with an a.c. voltage peak is not necessary for the test at the lower voltage limit.

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 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.

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.

NOTE – 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.

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.

If an a.c. voltage is used, capacitor current shall be recorded during the test and the timing of the puncture shall be made, to ascertain that the breakdown is triggered to take place at the instant of the peak of the a.c. test voltage, or very close to it.

NOTE 1 – Le perçage d'un seul élément ne peut pas être garanti.

NOTE 2 – Pour éviter la formation d'un amorçage à l'enveloppe le long de la pointe, ou à travers le trou percé par la pointe, on peut percer des éléments connectés à l'enveloppe en permanence ou pendant l'essai.

NOTE 3 – La tension continue est spécialement indiquée pour les condensateurs ayant tous leurs éléments en parallèle.

c) Claquage électrique de l'élément (première méthode)

Quelques éléments dans l'unité destinée à l'essai sont munis, par exemple, d'une languette disposée entre les couches diélectriques. Chaque languette est reliée à sa propre traversée.

La tension d'essai peut être continue ou alternative, le choix étant laissé au constructeur.

Pour provoquer le claquage d'un élément ainsi équipé, une surtension d'amplitude suffisante est appliquée entre cette languette et une des électrodes de l'élément modifié.

En cas de tension alternative, le déclenchement de la surtension doit être effectué au voisinage d'une crête de tension.

d) Claquage électrique de l'élément (deuxième méthode)

Quelques éléments dans l'unité destinée à l'essai sont munis d'un fil fusible de courte longueur inséré entre les couches diélectriques et raccordé à deux languettes supplémentaires, chacune étant reliée à sa propre traversée.

La tension d'essai peut être continue ou alternative, le choix étant laissé au constructeur.

Pour provoquer le claquage d'un élément muni de ce fil fusible, un condensateur séparé, chargé sous une tension suffisante est déchargé dans le fil fusible de manière à le vaporiser.

En cas de tension alternative, la décharge du condensateur chargé qui produit la vaporisation doit être déclenchée au voisinage d'une crête de tension.

e) Claquage électrique de l'élément (troisième méthode)

Au moment de la fabrication, on retire une petite partie d'un élément (ou de quelques éléments) dans une unité et on la remplace par un diélectrique plus faible.

On pratique, par exemple, une découpe sur 10 cm² à 20 cm² dans la feuille film-papier-film diélectrique et l'on recouvre cette découpe avec deux papiers fins.