

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Shunt capacitors for AC power systems having a rated voltage above 1 000 V –
Part 4: Internal fuses**

**Condensateurs shunt pour réseaux à courant alternatif de tension assignée
supérieure à 1 000 V –
Partie 4: Fusibles internes**



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2014 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, no part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester. If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'IEC ou du Comité national de l'IEC du pays du demandeur. Si vous avez des questions sur le copyright de l'IEC ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de l'IEC de votre pays de résidence.

IEC Central Office
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

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

About the IEC

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

About IEC publications

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

IEC Catalogue - webstore.iec.ch/catalogue

The stand-alone application for consulting the entire bibliographical information on IEC International Standards, Technical Specifications, Technical Reports and other documents. Available for PC, Mac OS, Android Tablets and iPad.

IEC publications search - www.iec.ch/searchpub

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

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing more than 30 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in 14 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

More than 55 000 electrotechnical terminology entries in English and French extracted from the Terms and Definitions clause of IEC publications issued since 2002. Some entries have been collected from earlier publications of IEC TC 37, 77, 86 and CISPR.

IEC Customer Service Centre - webstore.iec.ch/csc

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre: csc@iec.ch.

A propos de l'IEC

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

A propos des publications IEC

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

Catalogue IEC - webstore.iec.ch/catalogue

Application autonome pour consulter tous les renseignements bibliographiques sur les Normes internationales, Spécifications techniques, Rapports techniques et autres documents de l'IEC. Disponible pour PC, Mac OS, tablettes Android et iPad.

Recherche de publications IEC - www.iec.ch/searchpub

La recherche avancée permet de trouver des publications IEC en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...). Elle donne aussi des informations sur les projets et les publications remplacées ou retirées.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Restez informé sur les nouvelles publications IEC. Just Published détaille les nouvelles publications parues. Disponible en ligne et aussi une fois par mois par email.

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne de termes électroniques et électriques. Il contient plus de 30 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 14 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

Plus de 55 000 entrées terminologiques électrotechniques, en anglais et en français, extraites des articles Termes et Définitions des publications IEC parues depuis 2002. Plus certaines entrées antérieures extraites des publications des CE 37, 77, 86 et CISPR de l'IEC.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions contactez-nous: csc@iec.ch.



IEC 60871-4

Edition 2.0 2014-03

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Shunt capacitors for AC power systems having a rated voltage above 1 000 V –
Part 4: Internal fuses**

**Condensateurs shunt pour réseaux à courant alternatif de tension assignée
supérieure à 1 000 V –
Partie 4: Fusibles internes**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX



ICS 29.240.99; 31.060.70

ISBN 978-2-8322-1495-4

**Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.
Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.**

CONTENTS

FOREWORD.....	3
1 Scope and object.....	5
2 Normative references	5
3 Terms and definitions	5
4 Performance requirements.....	5
4.1 General.....	5
4.2 Disconnecting requirements	6
4.3 Withstand requirements	6
5 Tests	6
5.1 Routine tests.....	6
5.1.1 General	6
5.1.2 Discharge test	7
5.2 Type tests	7
5.3 Disconnecting test on fuses	7
5.3.1 Test procedures.....	7
5.3.2 Capacitance measurement	8
5.3.3 Inspection of the unit	8
5.3.4 Voltage test after opening the container.....	8
Annex A (normative) Test procedures for the disconnecting test on internal fuses	9
A.1 General.....	9
A.2 Test procedures.....	9
Annex B (informative) Guide for coordination of fuse protection	11
B.1 General.....	11
B.2 Protection sequence	11

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

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

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

International Standard IEC 60871-4 has been prepared by IEC technical committee 33: Power capacitors and their applications.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 1996. This edition constitutes a technical revision.

This edition includes the following significant technical changes with respect to the previous edition:

- The disconnecting requirements have been modified.

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

FDIS	Report on voting
33/548/FDIS	33/561/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.

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

A list of all parts in the IEC 60871 series, published under the general title *Shunt capacitors for AC power systems having a rated voltage above 1 000 V*, can be found on the IEC website.

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

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

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 60871 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 60871 is to formulate requirements regarding performance and testing and to provide a guide for coordination of fuse protection.

2 Normative references

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

IEC 60871-1:2005, *Shunt capacitors for a.c. power systems having a rated voltage above 1000 V – Part 1: General*

3 Terms and definitions

For the purpose of this part of IEC 60871, the terms and definitions in IEC 60871-1, as well as the following, apply.

3.1

rated voltage of a capacitor element

U_{Ne}

r.m.s. value of the alternating voltage for which the capacitor element has been designed

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.

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.

The additional current and voltage resulting from the blowing of some fuses should be taken into account in the design.

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 $u_1 = 0,9 \times \sqrt{2}U_{Ne}$ is the lowest, and $u_2 = 2,5 \times \sqrt{2}U_{Ne}$ is the highest (instantaneous) value of the element voltage at the instant of fault.

The range u_1 to u_2 is based on the voltage that might occur across the capacitor element at the instant of electrical breakdown.

The u_2 value is of a transient nature, mostly related to switching operations, and some allowance has been made for the extra voltage increase that might occur (before activation of protection) due to earlier disconnection of parallel elements in a series group of elements (See B.1).

If the application of capacitors leads to u_1 and u_2 value, other than those indicated, for example for filter capacitors or when the protection settings limit the value of overvoltage, the lower and upper test voltage limits shall be changed according to an agreement between manufacturer and purchaser.

4.3 Withstand requirements

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.

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.

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

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

The fuses shall be able to carry the currents due to short-circuit faults on the bank external to the unit(s) occurring at a peak voltage of $2,5 \times U_N$.

5 Tests

5.1 Routine tests

5.1.1 General

The fuses shall be able to withstand all routine tests of the capacitor unit in accordance with IEC 60871-1.

5.1.2 Discharge test

Capacitors having internal fuses shall be subjected to one short-circuit discharge test, from a d.c. voltage of $1,7 U_N$ 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 60871-1:2005, 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 60871-1:2005, Clause 9) shall be made after the discharge test.

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

The fuses shall be able to withstand all type tests of the capacitor units in accordance with IEC 60871-1.

The unit(s) shall have passed all routine tests stated in IEC 60871-1.

A 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.

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.

5.3 Disconnecting test on fuses

5.3.1 Test procedures

The disconnecting test on fuses shall be performed at the lower a.c. element voltage limit of $0,9 \times U_{Ne}$ and at the upper voltage limit of $2,5 \times U_{Ne}$ or other values according to an agreement between manufacturer and purchaser

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

NOTE Normally the dielectric would only withstand an a.c. voltage of $2,5 U_N$ for a very limited period of time. Therefore a test with d.c. is in most cases to be preferred.

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 severe 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 to Clause A.1). If method b) given in Annex A is used, note 1 to Clause A.1 shall be observed.

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

It should be noted that 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, or in all other cases 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 $3,5 \times U_{Ne} / 2$.

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.

To verify the current-limiting behavior 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.

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

NOTE 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.

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.

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.

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.

If a.c. voltage is used, the timing of the puncture shall be made so that breakdown occurs close to the instant of peak voltage.

Puncture of only one element cannot be guaranteed. In order to limit the possibility of a flashover to the container along the nail, or through the hole caused by the nail, the punctures may be performed in the elements connected, permanently or during the test, to the container.

NOTE DC voltage is especially suitable for capacitors having all elements in parallel.

c) Electrical breakdown of the element (first method)

Some elements in the test unit are each provided with, for example, a tab inserted between the dielectric layers. Each tab is connected to a separate terminal.

The test voltage may be a.c. or d.c. the choice being left to the manufacturer.

To obtain breakdown of an element thus equipped, a surge voltage of sufficient amplitude is applied between this tab and one of the foils of the modified element.

In the case of a.c. voltage, the surge shall be triggered close to the instant of peak voltage.

d) Electrical breakdown of the element (second method)

Certain elements in the test unit are each provided with a short fusible wire connected to two extra tabs and inserted between the dielectric layers. Each tab is connected to a separate insulated terminal.

The test voltage may be d.c. or a.c., the choice being left to the manufacturer.

To obtain breakdown of an element equipped with this fusible wire, a separate capacitor charged to a sufficient voltage is discharged into the wire in order to blow it.

In the case of a.c. voltage, the discharge of the charged capacitor causing the wire to blow shall be triggered off close to the instant of the peak voltage.

e) Electrical breakdown of the element (third method)

A small part of an element (or of several elements) in a unit is removed at the time of manufacture and replaced with a weaker dielectric.

For example: 10 cm² to 20 cm² of a film-paper-film dielectric is cut out and replaced with two thin papers.

Annex B (informative)

Guide for coordination of fuse protection

B.1 General

The fuse is connected in series with the element that the fuse is designed to isolate if the element becomes faulty. After the breakdown of an element, the fuse connected to it will blow and isolate it from the remaining part of the capacitor, which allows the unit to continue in service. The blowing of one or more fuses will cause voltage changes within the bank.

The voltage across sound unit(s) should not exceed the value given in IEC 60871-1.

Depending on the internal connection of the units, the blowing of one or more fuses may also cause a change of voltage within the unit.

The remaining elements in a series group will have an increased working voltage, and the manufacturer should, on request, give details of the voltage rise caused by blown fuses.

B.2 Protection sequence

The protection of a capacitor bank shall operate selectively.

The first step is the internal fuses of the elements.

The second step is the relay protection of the bank (e.g. overcurrent or unbalance protection).

The third step is network or plant protection.

Depending on the output of the bank, the design of the relay protection etc., all the three steps are not necessarily used in all capacitor banks.

In large banks, an alarm stage may also be used.

Unless the fuse always blows as a result of discharge energy within the voltage range given in 4.2, the manufacturer should provide the current/time characteristic and tolerance of the fuse.

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	13
1 Domaine d'application et objet	15
2 Références normatives	15
3 Termes et définitions	15
4 Exigences concernant les performances	15
4.1 Généralités	15
4.2 Exigences concernant la déconnexion	16
4.3 Exigences concernant la tenue	16
5 Essais	16
5.1 Essais individuels.....	16
5.1.1 General.....	16
5.1.2 Essai de décharge	17
5.2 Essais de type.....	17
5.3 Essai de déconnexion des fusibles	17
5.3.1 Méthodes d'essai	17
5.3.2 Mesure de la capacité	18
5.3.3 Inspection de l'unité	18
5.3.4 Essai diélectrique après l'ouverture de l'enveloppe	18
Annexe A (normative) Méthodes d'essai pour l'essai de déconnexion des fusibles internes	19
A.1 Généralités	19
A.2 Méthodes d'essai	19
Annexe B (informative) Guide pour la coordination de la protection par fusible.....	21
B.1 Généralités	21
B.2 Coordination de la protection	21

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 Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC 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, l'IEC – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de l'IEC"). 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 l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC 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 l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) L'IEC elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de l'IEC. L'IEC n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à l'IEC, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de l'IEC, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale IEC 60871-4 a été établie par le comité d'études 33 de l'IEC: Condensateurs de puissance et leurs applications.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition parue en 1996. Cette édition constitue une révision technique.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'édition précédente:

- Les exigences concernant la déconnexion ont été modifiées.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
33/548/FDIS	33/561/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.

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

Une liste de toutes les parties de la série IEC 60871, publiées sous le titre général *Condensateurs shunt pour réseaux à courant alternatif de tension assignée supérieure à 1 000 V*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

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

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

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 l'IEC 60871 s'applique aux fusibles internes qui sont destinés à isoler les éléments de condensateur 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 l'IEC 60871 a pour objet de formuler des exigences relatives aux performances et aux essais et de fournir un guide pour la coordination de la protection par fusibles internes.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités en référence de manière normative, en intégralité ou en partie, dans le présent document et sont indispensables pour son application. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

IEC 60871-1:2005, *Condensateurs shunt pour réseaux à courant alternatif de tension assignée supérieure à 1000 V – Partie 1: Généralités*

3 Termes et définitions

Pour les besoins de la présente partie de l'IEC 60871, les termes et définitions de l'IEC 60871-1, ainsi que les suivants, s'appliquent.

3.1 tension assignée d'un élément de condensateur

U_{Ne}

valeur efficace de la tension alternative pour laquelle le condensateur a été conçu

4 Exigences concernant les performances

4.1 Généralités

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

Les exigences sont valables pour une batterie ou un condensateur raccordé à des disjoncteurs fonctionnant sans réamorçage. Si les disjoncteurs sont sujets à réamorçage, d'autres exigences doivent faire l'objet d'un accord entre fabricant 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.

Il convient de tenir compte pour la conception du courant et de la tension supplémentaires résultant de la fusion de certains fusibles.

4.2 Exigences concernant la déconnexion

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

$$u_2 = 2,5 \times \sqrt{2}U_{Ne}.$$

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

La valeur u_2 est de nature transitoire, généralement liée aux commutations, et on a tenu compte de l'augmentation supplémentaire de la tension qui peut se produire (avant activation de la protection) du fait de la déconnexion antérieure d'éléments en parallèle dans un groupe d'éléments en série (Voir B.1).

Si l'application des condensateurs conduit à des valeurs u_1 et u_2 différentes de celles indiquées, par exemple pour des condensateurs pour filtre ou lorsque les réglages de la protection limitent la valeur de la surtension, les limites inférieure et supérieure de la tension d'essai doivent être modifiées conformément à un accord entre le fabricant et l'acheteur.

4.3 Exigences concernant la tenue

Après fusion, le fusible doit supporter la pleine tension des éléments, plus toute tension de déséquilibre consécutif à ce fonctionnement, ainsi que toute surtension transitoire de courte durée survenant normalement durant la vie du condensateur.

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.

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

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

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, à une tension de crête de $2,5 \times U_N$.

5 Essais

5.1 Essais individuels

5.1.1 General

Les fusibles doivent être en mesure de satisfaire à tous les essais individuels d'un condensateur unitaire conformément à l'IEC 60871-1.

5.1.2 Essai de décharge

Les condensateurs équipés de fusibles internes doivent être soumis à un essai de décharge en court-circuit à travers un éclateur placé aussi près que possible du condensateur sans qu'aucune impédance additionnelle ne 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 diélectrique entre bornes (voir IEC 60871-1:2005, Article 9). Cependant, s'il est effectué après l'essai diélectrique 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 diélectrique entre bornes (IEC 60871-1:2005, Article 9) doit être réalisé après l'essai de décharge.

Il est admis que la charge sous tension continue soit obtenue à partir d'une tension alternative de tension de 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 de 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

Les fusibles doivent être en mesure de satisfaire à tous les essais de type d'un condensateur unitaire conformément à l'IEC 60871-1.

La ou les unités doivent avoir subi avec succès tous les essais individuels prévus par l'IEC 60871-1.

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

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 devant 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 alternative de l'élément de $0,9 \times U_{Ne}$ et à la limite supérieure de tension de $2,5 \times U_{Ne}$ ou à d'autres valeurs convenues par accord entre le fabricant et l'acheteur.

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.

NOTE En règle générale, le diélectrique ne peut supporter qu'une tension alternative de $2.5 U_N$ pendant une durée très limitée. Dans la plupart des cas, il est par conséquent préférable de réaliser un essai sous tension continue.

Si l'essai est effectué sous tension alternative, le déclenchement du claquage de l'élément sur une crête de tension ne doit pas être 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 à A.1). Si la méthode b) de l'Annexe A est utilisée, on doit tenir compte de la note 1 à A.1.

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

Il doit être noté que 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'imprégnant. Aucun claquage n'est admis 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 dans tous les autres cas si 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 $3,5 \times U_{Ne} / 2$.

Annexe A (normative)

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

A.1 Généralités

On doit utiliser une des méthodes d'essai 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 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 réalisé dans ces conditions pour démontrer que le fonctionnement des fusibles est satisfaisant.

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.

NOTE 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.

A.2 Méthodes d'essai

a) Préchauffage du condensateur

Le condensateur unitaire est préchauffé 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 fabricant de façon que le premier claquage survienne au bout d'une durée assez courte (de quelques minutes à quelques heures).

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 l'application de la tension d'essai.

On peut utiliser une température de préchauffage plus basse pour appliquer la tension d'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, le choix étant laissé au fabricant.

Si on utilise une tension alternative, l'instant du perçage doit être choisi de façon que le claquage de l'élément se produise au voisinage d'une crête de tension.

Le perçage d'un seul élément ne peut pas être garanti. 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 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 fabricant.

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 fabricant.

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.

Annexe B (informative)

Guide pour la coordination de la protection par fusible

B.1 Généralités

Le fusible est connecté en série avec l'élément qu'il est destiné à isoler si celui-ci se met en défaut. Si un élément claque, il sera isolé du reste du condensateur par le fusible correspondant, ce qui permet à l'unité de continuer à assurer son service. Le fonctionnement d'un ou de plusieurs fusibles provoque des variations de la tension dans la batterie.

Il convient que la tension aux bornes de la ou des unités saines ne dépasse pas la valeur indiquée par l'IEC 60871-1.

En fonction de la connexion interne des unités, le fonctionnement d'un ou de plusieurs fusibles peut aussi provoquer une variation de la tension à l'intérieur de l'unité.

Les éléments restants d'un groupe série seront soumis à une augmentation de tension de fonctionnement, et il convient que le fabricant donne, sur demande, les renseignements sur l'augmentation de tension provoquée par les fusibles ayant fonctionné.

B.2 Coordination de la protection

La protection d'une batterie de condensateurs doit agir sélectivement.

Le premier niveau de protection est assuré par les fusibles internes des éléments.

Le second niveau de protection est assuré par le relais de protection de la batterie (par exemple, surintensité ou protection de déséquilibre).

Le troisième niveau de protection est assuré par la protection du réseau ou de l'équipement.

Compte tenu de la puissance de la batterie, du système de protection par relais, etc., les trois niveaux ne sont pas nécessairement utilisés dans toutes les batteries.

Dans les batteries importantes, on peut également utiliser un palier avec fonctionnement d'un signal d'alarme.

A moins que le fonctionnement des fusibles ne soit toujours provoqué par l'énergie de décharge sous la tension définie en 4.2, il convient que le fabricant fournisse les caractéristiques temps/courant, ainsi que les tolérances du fusible.

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

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

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