

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Series capacitors for power systems –
Part 3: Internal fuses**

**Condensateurs série destinés à être installés sur des réseaux –
Partie 3: Fusibles internes**



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2015 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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.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 15 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

More than 60 000 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 15 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

Plus de 60 000 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 60143-3

Edition 2.0 2015-06

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Series capacitors for power systems –
Part 3: Internal fuses**

**Condensateurs série destinés à être installés sur des réseaux –
Partie 3: Fusibles internes**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 31.060.70

ISBN 978-2-8322-2715-2

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.....	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.....	7
5.1 Routine tests.....	7
5.1.1 General	7
5.1.2 Discharge test.....	7
5.2 Type tests.....	7
5.2.1 General	7
5.2.2 Discharge test on fuses.....	7
5.2.3 Disconnecting test on fuses.....	8
5.2.4 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 procedure – Mechanical puncture of the element.....	9
Annex B (informative) Guide for coordination of fuse protection	10
B.1 General.....	10
B.2 Protection sequence.....	10
Bibliography	11

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

SERIES CAPACITORS FOR POWER SYSTEMS –**Part 3: 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 60143-3 has been prepared by IEC technical committee 33: Power capacitors and their applications.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 1998. This edition constitutes a technical revision.

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

The test procedure has been largely simplified.

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

FDIS	Report on voting
33/577/FDIS	33/579/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 60143 series, published under the general title *Series capacitors for power systems*, 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 website 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.

SERIES CAPACITORS FOR POWER SYSTEMS –

Part 3: Internal fuses

1 Scope

This part of IEC 60143 applies to 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 part of IEC 60143 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 60143-1:2004, Annex A: "Test requirements and application guide for external fuses and units to be externally fused".

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 60143-1:2004, *Series capacitors for power systems – Part 1: General*

IEC 60143-2:2012, *Series capacitors for power systems – Part 2: Protective equipment for series capacitor banks*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions contained in IEC 60143-1 and IEC 60143-2, 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 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.

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 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:

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

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

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 value differs from the stated one. If so, the value stated in 3.2.3.1 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.

4.3 Withstand requirements

4.3.1 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.

4.3.2 Throughout the life of the capacitor, the fuse shall be capable of carrying continuously a current equal to or greater than the rated capacitor unit current (including harmonics if applicable), divided by the number of parallel fused paths. In addition, the fuse shall withstand the working currents given in 7.1 and 10.3 of IEC 60143-1:2004.

4.3.3 The fuses shall be capable of withstanding the high-amplitude, high-frequency discharge currents due to operation of the overvoltage protector and/or the bypass switch, expected during the life of the capacitor.

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

4.3.5 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 2.2.

4.3.6 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.

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 60143-1.

5.1.2 Discharge test

Capacitors having internal fuses shall be subjected to one short-circuit discharge test, from a d.c. voltage of $1,7 U_N$ ($= 1,2 \times \sqrt{2} \times U_N$), 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.

The discharge test may be made before or after the voltage test between terminals (see 5.5 of IEC 60143-1:2004). 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. 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 $1,7 U_N$.

5.2 Type tests

5.2.1 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 (see 3.2.3) 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 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.

5.2.2 Discharge test on fuses

The fuses shall be subjected to the discharge test stated in 5.13 of IEC 60143-1:2004.

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.

5.2.3 Disconnecting test on fuses

5.2.3.1 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 a.c. test voltage of $1,1 \times U_{lim}$, where 1,1 is a test factor. The tests may be performed on two different units, one for each level.

NOTE 1 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.

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.

NOTE 2 Normally the dielectric would only withstand a 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.

NOTE 3 If the test is carried out with a.c., the triggering of the element failure with a voltage peak will not be necessary for the test at the lower voltage limit.

NOTE 4 The voltage u_2 stated in 2.2 is the maximum voltage that the unit can be exposed to during service. However the disconnecting test is performed at 1,1 times that voltage.

5.2.3.2 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.

5.2.3.3 Inspection of the unit

No significant deformation of the container shall be apparent.

After opening the container, a check shall be made to ensure that at lower and upper voltage limit:

- 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 of Clause A.1).

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 will be discharged with great care.

5.2.4 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 or between any part of the fuse and any other part of the unit is allowed.

The test can be replaced by an a.c. test before 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 $\sqrt{2}$.

Annex A (normative)

Test procedures for the disconnecting test on internal fuses

A.1 General

The test procedure described in A.2 or an alternative method agreed upon between the manufacturer and the purchaser, 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.

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.

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.

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

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 procedure – Mechanical puncture of the element

Mechanical puncture of the element is made by a nail, which is forced into the element through an opening 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 (at the high disconnection voltage u_2), 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 Puncture of only one element cannot be guaranteed.

NOTE 2 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 will be performed in the elements connected, permanently or during the test, to the container.

NOTE 3 DC voltage is especially suitable for capacitors having all elements in parallel.

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 stresses on the fuse will depend on the rating of the capacitor unit, the number of parallel connected units, connections (if any) between parallel units, etc.

The blowing of one or more fuses will cause changes of the voltage distribution and the current distribution within the bank.

The voltage across sound unit(s) should not exceed the value given in IEC 60143-1.

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 fusing of the element(s).

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

The third step is network or plant protection.

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

NOTE 1 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.

NOTE 2 Unless the fuse always blows as a result of discharge energy within the voltage range given in clause 2.2, the manufacturer will provide the current/time characteristic and tolerance of the fuse.

Bibliography

IEC 60050-436:1990, *International Electrotechnical Vocabulary – Chapter 436: Power capacitors*

IEC 60549:2013, *High-voltage fuses for the external protection of shunt capacitors*

IEC 60871-4:2014, *Shunt capacitors for AC power systems having a rated voltage above 1 000 V – Part 4: Internal fuses*

IEC 60931-3:1996, *Shunt capacitors of the non-self-healing type for AC power systems having a rated voltage up to and including 1000 V – Part 3: Internal fuses*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	13
1 Domaine d'application.....	15
2 Références normatives	15
3 Termes et définitions	15
4 Exigences relatives aux performances	15
4.1 Généralités	15
4.2 Exigences relatives au sectionnement	16
4.3 Exigences concernant la tenue	16
5 Essais	17
5.1 Essais individuels de série	17
5.1.1 Généralités	17
5.1.2 Essai de décharge	17
5.2 Essais de type	17
5.2.1 Généralités	17
5.2.2 Essai de décharge sur les fusibles	18
5.2.3 Essai de déconnexion des fusibles	18
5.2.4 Essai de tension après ouverture de l'enveloppe.....	19
Annexe A (normative) Procédures d'essai pour l'essai de déconnexion des fusibles internes	20
A.1 Généralités	20
A.2 Méthode d'essai – Perçage mécanique de l'élément	20
Annexe B (informative) Guide pour la coordination de la protection par fusible	22
B.1 Généralités	22
B.2 Coordination de la protection.....	22
Bibliographie	23

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

CONDENSATEURS SÉRIE DESTINÉS A ÊTRE INSTALLÉS SUR DES RÉSEAUX –

Partie 3: 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 60143-3 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 1998. Cette édition constitue une révision technique.

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

Les procédures d'essai ont été simplifiée.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
33/577/FDIS	33/579/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 60143, publiées sous le titre général *Condensateurs série destinés à être installés sur des réseaux*, 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 SÉRIE DESTINÉS A ÊTRE INSTALLÉS SUR DES RÉSEAUX –

Partie 3: Fusibles internes

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 60143 s'applique aux fusibles internes destinés à isoler les éléments en défaut d'un condensateur, et permettre ainsi le maintien en service de la partie saine de l'unité de condensateur 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 60143 a pour objet:

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

NOTE Les fusibles externes pour les condensateurs série sont traités dans l'IEC 60143-1:2004, Annexe A: "Règles d'essais et guide d'application pour fusibles externes et unités à protéger par fusibles externes".

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 60143-1:2004, *Condensateurs série destinés à être installés sur des réseaux – Partie 1: Généralités*

IEC 60143-2:2012, *Condensateurs série destinés à être installés sur des réseaux – Partie 2: Matériel de protection pour les batteries de condensateurs série*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'IEC 60143-1 et l'IEC 60143-2, 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 l'élément de condensateur a été conçu

4 Exigences relatives aux performances

4.1 Généralités

Le fusible est connecté en série avec l'élément (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.

4.2 Exigences relatives au sectionnement

Le fusible doit être capable d'entraîner le sectionnement des éléments défectueux lorsque le claquage des éléments se produit sous une plage de tensions, comprise entre une valeur inférieure u_1 et une valeur supérieure (instantanée) u_2 , entre les bornes de l'unité, à l'instant du défaut.

Les valeurs recommandées pour u_1 et u_2 sont les suivantes:

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

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

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

L'acheteur doit indiquer si la valeur de u_1 diffère de celle indiquée. Dans ce cas, la valeur indiquée en 3.2.3.1 doit être modifiée en conséquence.

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.

4.3 Exigences concernant la tenue

4.3.1 Après le fonctionnement du fusible, l'intervalle créé par le fusible grillé 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 au cours de la vie du condensateur.

4.3.2 Au cours de la vie du condensateur, le fusible doit être capable de supporter en continu un courant supérieur ou égal au courant assigné de l'unité de condensateur (y compris les harmoniques, le cas échéant), divisé par le nombre de voies en parallèle protégées par les fusibles. En outre, le fusible doit supporter les courants de fonctionnement indiqués aux 7.1 et 10.3 de l'IEC 60143-1:2004.

4.3.3 Les fusibles doivent être capables de supporter les courants de décharge de forte amplitude et à haute fréquence, du fait du fonctionnement du dispositif de protection contre les surtensions et/ou du commutateur de shuntage, prévus au cours de la vie du condensateur.

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

4.3.5 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 2.2.

4.3.6 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.

5 Essais

5.1 Essais individuels de série

5.1.1 Généralités

Les fusibles doivent être en mesure de satisfaire à tous les essais individuels de série du condensateur unitaire selon l'IEC 60143-1.

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

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

L'essai de décharge peut être réalisé avant ou après l'essai de tenue en tension entre bornes (voir 5.5 de l'IEC 60143-1:2004). 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. Il est admis que la charge sous tension continue soit obtenue à partir d'une tension alternative de tension crête de $1,7 U_N$, en déconnectant le condensateur au zéro de courant. Le condensateur est alors immédiatement déchargé à partir de cette tension crête. En variante, si le condensateur est déconnecté à une tension légèrement supérieure à $1,7 U_N$, on peut retarder l'instant de la décharge jusqu'à ce que la résistance de décharge ait réduit la tension à $1,7 U_N$.

5.2 Essais de type

5.2.1 Généralités

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

L'unité (ou les unités) doivent avoir subi avec succès tous les essais individuels de série prévus par l'IEC 60143-1.

L'essai de déconnexion des fusibles (voir 3.2.3) 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 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.

5.2.2 Essai de décharge sur les fusibles

Les fusibles doivent être soumis à l'essai de décharge de 5.13 de l'IEC 60143-1:2004.

Afin de contrôler que les fusibles n'ont pas fonctionné, on doit mesurer la capacité avant et après l'essai. Une méthode de mesure suffisamment sensible doit être utilisée pour détecter la variation de capacité provoquée par un fusible grillé.

5.2.3 Essai de déconnexion des fusibles

5.2.3.1 Méthodes d'essai

L'essai de déconnexion des fusibles doit être effectué à la limite inférieure de tension d'essai alternative de $0,5 \times U_N$, et à la limite supérieure de tension d'essai alternative de $1,1 \times U_{lim}$, où 1,1 est un facteur d'essai. Les essais peuvent être réalisés sur deux différentes unités, une pour chaque niveau.

NOTE 1 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.

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.

NOTE 2 Normalement, le diélectrique supporterait uniquement une tension de $2,5 U_N$ pour une période de temps très limitée. Par conséquent, un essai à courant continu est, dans la plupart des cas, à privilégier.

NOTE 3 Si l'essai est effectué en courant alternatif, le déclenchement de la défaillance de l'élément avec une crête de tension ne sera pas nécessaire pour l'essai à la limite de tension inférieure.

NOTE 4 La tension u_2 indiquée au 2.2 est la tension maximale à laquelle l'unité peut être exposée en service. Cependant, l'essai de déconnexion est réalisé à 1,1 fois cette tension.

5.2.3.2 Mesure de la capacité

Après l'essai, la capacité doit être mesurée afin de vérifier que le ou les fusibles ont fonctionné.

Une méthode de mesure suffisamment sensible doit être utilisée pour détecter la variation de capacité provoquée par un fusible grillé.

5.2.3.3 Examen de l'unité

Aucune déformation significative de l'enveloppe ne doit être constatée.

Après l'ouverture de l'enveloppe, on doit contrôler que pour la limite inférieure de tension et pour la limite supérieure de tension:

- a) il n'apparaît aucune déformation significative des fusibles en état;
- b) pas plus d'un fusible supplémentaire (ou le dixième des éléments fusibles directement reliés en parallèle) n'a été détérioré (voir 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. Tous les éléments seront déchargés avec beaucoup de précautions.

5.2.4 Essai de tension après ouverture de l'enveloppe

Une tension d'essai continue de $1,7 \times U_{\text{lim}}$ doit être appliquée pendant 10 s, entre l'élément soumis au claquage et l'intervalle créé par le fusible grillé. Pendant cet essai, l'intervalle entre les bornes du fusible doit être noyé dans l'imprégnant.

Aucun claquage ne doit se produire sur l'intervalle des bornes du fusible ni entre toute partie du fusible et toute autre partie de l'unité.

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 soumis au claquage et l'intervalle créé par le fusible grillé soit égale à la valeur donnée en 3.2.4, divisée par $\sqrt{2}$.

Annexe A (normative)

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

A.1 Généralités

La procédure d'essai décrite en A.2 ou une méthode alternative convenue entre le fabricant et l'acheteur, doit être utilisée.

En l'absence d'accord préalable, le choix est laissé au fabricant: 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 grillé.

Si le fusible ne satisfait pas à cette exigence, 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 réalisé pour démontrer que le fonctionnement du fusible est satisfaisant.

Au cours de l'essai effectué à la limite supérieure de tension, il est autorisé qu'un fusible supplémentaire (ou le dixième des éléments fusibles directement reliés en parallèle) connecté à un ou des éléments sains puisse être endommagé.

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.

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.

La coordination de la défaillance 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 Méthode d'essai – Perçage mécanique de l'élément

Le perçage mécanique de l'élément est réalisé au moyen d'une pointe qui est enfoncée dans l'élément par une ouverture de l'enveloppe. La tension d'essai peut être continue ou alternative, le choix étant laissé au fabricant.

Si on utilise une tension alternative (à la tension u_2 élevée de coupure), 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 d'essai alternative, ou au voisinage immédiat de celle-ci.

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, les perçages seront réalisés dans les éléments connectés à l'enveloppe en permanence ou pendant l'essai.

NOTE 3 La tension continue est spécialement indiquée pour les condensateurs dont tous les éléments sont en parallèle.

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 doit isoler, si cet élément se met en défaut. À la suite du claquage d'un élément, le fusible connecté à celui-ci saute, et l'isole du reste du condensateur, ce qui permet à l'unité de continuer à assurer son service.

Les contraintes sur le fusible dépendront des caractéristiques assignées de l'unité de condensateur, du nombre d'unités connectées en parallèle, des éventuelles connexions entre unités en parallèle, etc.

Le fonctionnement d'un ou de plusieurs fusibles provoquera des modifications de répartition de tension et de courant dans la batterie.

Il convient que la tension aux bornes de l'unité (ou des unités) saine(s) ne dépasse pas la valeur figurant dans l'IEC 60143-1.

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 fournisse, sur demande, des précisions sur la hausse de tension provoquée par les fusibles ayant sauté.

B.2 Coordination de la protection

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

Le premier niveau de protection est assuré par les fusibles de l'élément (ou 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.

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

NOTE 1 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 de condensateurs.

NOTE 2 À moins que le fonctionnement des fusibles ne soit toujours provoqué par l'énergie de décharge dans la plage de tension définie à l'article 2.2, le fabricant fournira les caractéristiques temps/courant ainsi que les tolérances du fusible.

Bibliographie

IEC 60050-436:1990, *Vocabulaire Electrotechnique International – Chapitre 436: Condensateurs de puissance*

IEC 60549:2013, *Coupe-circuit à fusibles haute tension destinés à la protection externe des condensateurs shunt*

IEC 60871-4:2014, *Condensateurs shunt pour réseaux à courant alternatif de tension assignée supérieure à 1 000 V – Partie 4: Fusibles internes*

IEC 60931-3:1996, *Condensateurs shunt de puissance non autorégénérateurs pour réseaux à courant alternatif de tension assignée inférieure ou égale à 1000 V – Partie 3: Fusibles internes*

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