

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
549**

Première édition
First edition
1976

**Coupe-circuit à fusibles haute tension
destinés à la protection externe des condensateurs
de puissance en dérivation**

**High-voltage fuses for the external protection
of shunt power capacitors**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 549: 1976

Numéros des publications

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

Publications consolidées

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

Validité de la présente publication

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

Des renseignements relatifs à la date de reconfirmation de la publication sont disponibles dans le Catalogue de la CEI.

Les renseignements relatifs à des questions à l'étude et des travaux en cours entrepris par le comité technique qui a établi cette publication, ainsi que la liste des publications établies, se trouvent dans les documents ci-dessous:

- **«Site web» de la CEI***
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement
(Catalogue en ligne)*
- **Bulletin de la CEI**
Disponible à la fois au «site web» de la CEI* et comme périodique imprimé

Terminologie, symboles graphiques et littéraux

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

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

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

Numbering

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

Consolidated publications

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

Validity of this publication

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

Information relating to the date of the reconfirmation of the publication is available in the IEC catalogue.

Information on the subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is to be found at the following IEC sources:

- **IEC web site***
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates
(On-line catalogue)*
- **IEC Bulletin**
Available both at the IEC web site* and as a printed periodical

Terminology, graphical and letter symbols

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

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

* See web site address on title page.

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
549**

Première édition
First edition
1976

**Coupe-circuit à fusibles haute tension
destinés à la protection externe des condensateurs
de puissance en dérivation**

**High-voltage fuses for the external protection
of shunt power capacitors**

© CEI 1976 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

No part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from the publisher

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



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

M

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

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	4
PRÉFACE	4

CHAPITRE I

Articles

1. Généralités	6
1.1 Domaine d'application.....	6
1.2 Objet.....	6
2. Définitions	6

CHAPITRE II

3. Spécifications relatives au fonctionnement	10
3.1 Généralités	10
3.2 Spécifications relatives à la coupure	10
3.3 Spécifications relatives à la tenue	10

CHAPITRE III

4. Essais de type	12
4.1 Généralités	12
4.2 Essais de pouvoir de coupure capacitif	14
4.3 Essais de décharge	18

CHAPITRE IV

5. Renseignements à donner à l'utilisateur	22
FIGURES	24

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5

CHAPTER I

Clause

1. General	7
1.1 Scope	7
1.2 Object	7
2. Definitions	7

CHAPTER II

3. Performance requirements	11
3.1 General	11
3.2 Breaking requirements	11
3.3 Withstand requirements	11

CHAPTER III

4. Type tests	13
4.1 General	13
4.2 Capacitive breaking current tests	15
4.3 Discharge tests	19

CHAPTER IV

5. Information to be given to the user	23
FIGURES	24

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**COUPE-CIRCUIT À FUSIBLES HAUTE TENSION
DESTINÉS À LA PROTECTION EXTERNE DES CONDENSATEURS DE PUISSANCE
EN DÉRIVATION**

PRÉAMBULE

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

PRÉFACE

La présente norme a été établie par le Sous-Comité 32A. Coupe-circuit à fusibles à haute tension, du Comité d'Etudes n° 32 de la CEI: Coupe-circuit à fusibles.

Les travaux furent décidés à la réunion tenue à Bruxelles en 1971 et un premier projet fut examiné lors de la réunion tenue à Bucarest en 1973, à la suite de laquelle un projet, document 32A(Bureau Central)26, fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en avril 1974. Des modifications, document 32A(Bureau Central)33, furent soumises à l'approbation des Comités nationaux suivant la Procédure des Deux Mois en avril 1975.

Les pays suivants se sont prononcés explicitement en faveur de la publication:

Afrique du Sud (République d')	Israël
Allemagne	Italie
Australie	Japon
Belgique	Norvège
Canada	Royaume-Uni
Danemark	Suède
Etats-Unis d'Amérique	Turquie
Finlande	Union des Républiques
France	Socialistes Soviétiques
Hongrie	Yougoslavie

Autres publications de la CEI citées dans la présente publication:

- Publications n°s 70: Condensateurs de puissance.
282-1: Coupe-circuit à fusibles haute tension, Première partie: Coupe-circuit limiteurs de courant.
282-2: Coupe-circuit à fusibles haute tension, Deuxième partie: Coupe-circuit à expulsion et de type similaire.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**HIGH-VOLTAGE FUSES FOR THE EXTERNAL PROTECTION
OF SHUNT POWER CAPACITORS**

FOREWORD

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

PREFACE

This standard has been prepared by Sub-Committee 32A, High-voltage Fuses, of IEC Technical Committee No. 32, Fuses.

Work was decided at the meeting held in Brussels in 1971 and a first draft was discussed at the meeting held in Bucharest in 1973, as a result of which a draft, Document 32A(Central Office)26, was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in April 1974. Amendments, Document 32A(Central Office)33, were submitted to the National Committees for approval under the Two Months' Procedure in April 1975.

The following countries voted explicitly in favour of publication:

Australia	Japan
Belgium	Norway
Canada	South Africa (Republic of)
Denmark	Sweden
Finland	Turkey
France	Union of Soviet
Germany	Socialist Republics
Hungary	United Kingdom
Israel	United States of America
Italy	Yugoslavia

Other IEC publications quoted in this publication:

- Publications Nos. 70: Power Capacitors.
282-1: High-voltage Fuses, Part 1: Current-limiting Fuses.
282-2: High-voltage Fuses, Part 2: Expulsion and Similar Fuses.

COUPE-CIRCUIT À FUSIBLES HAUTE TENSION DESTINÉS À LA PROTECTION EXTERNE DES CONDENSATEURS DE PUISSANCE EN DÉRIVATION

CHAPITRE I

1. Généralités

1.1 *Domaine d'application*

Cette norme s'applique aux fusibles externes utilisés avec des condensateurs de puissance à haute tension selon la Publication 70 de la CEI: Condensateurs de puissance, pour emploi sur des réseaux en courant alternatif à 50 Hz et 60 Hz.

Les fusibles répondant à cette norme sont destinés à éliminer les défauts intéressant soit une unité, afin de permettre aux autres parties de la batterie à laquelle l'unité est connectée de continuer à fonctionner (fusible d'unité), soit la batterie dans son ensemble afin de l'isoler du réseau (fusible de ligne).

Ces fusibles ne remplacent pas un appareil mécanique de connexion mais lorsqu'ils font partie d'un appareil mécanique de connexion tel qu'un interrupteur-fusible ou un sectionneur-fusible, ils doivent être conformes à cette norme.

Lorsque les fusibles sont utilisés pour la protection externe d'une unité ou d'une batterie (fusible de ligne), leurs tensions nominales et leurs caractéristiques nominales de coupure doivent être appropriées au réseau.

Les fusibles répondant à cette norme doivent être conformes aux spécifications de la Publication 282-1 de la CEI: Coupe-circuit à fusibles haute tension, Première partie: Coupe-circuit limiteurs de courant, ou de la Publication 282-2 de la CEI: Deuxième partie: Coupe-circuit à expulsion et de type similaire, à l'exception de celles qui sont explicitement exclues dans la présente norme.

1.2 *Objet*

L'objet de cette norme est d'établir des spécifications et des procédures d'essais uniformes en ce qui concerne le fonctionnement et les essais des fusibles destinés à être utilisés pour la protection des condensateurs.

2. Définitions

2.1 *Élément de condensateur (ou élément)*

Partie indivisible d'un condensateur constituée par des armatures séparées par un diélectrique.

Note. – Le terme «élément» est utilisé dans cette norme selon la définition de la Publication 70 de la CEI.

2.2 *Condensateur unitaire (ou unité)*

Ensemble d'un ou de plusieurs éléments de condensateurs placé dans une seule cuve et relié à des bornes de sortie.

2.3 *Batterie de condensateurs (ou batterie)*

Ensemble d'unités raccordées électriquement les unes aux autres. Exemple: une batterie triphasée peut être composée de trois unités monophasées.

HIGH-VOLTAGE FUSES FOR THE EXTERNAL PROTECTION OF SHUNT POWER CAPACITORS

CHAPTER I

1. General

1.1 Scope

This standard applies to external fuses used with high-voltage power capacitors according to IEC Publication 70, Power Capacitors, for use on alternating current systems of 50 Hz and 60 Hz.

Fuses according to this standard are intended to clear either faults inside a capacitor unit to permit continued operation of the remaining parts of the bank in which the unit is connected (unit fuses) or faults on the whole capacitor bank to isolate the bank from the system (line fuses).

These fuses are not a substitute for a mechanical switching device, but when forming a part of a mechanical switching device such as a fuse-switch or a fuse-disconnector, they shall comply with this standard.

When fuses are used for the external protection of a capacitor unit or a capacitor bank (line fuses), their voltages and breaking ratings shall be adequate for the system.

Fuses according to this standard shall comply with the requirements of IEC Publication 282-1, High-voltage Fuses, Part 1: Current-limiting Fuses, or IEC Publication 282-2, Part 2: Expulsion and Similar Fuses, except those which are specifically excluded in this standard.

1.2 Object

The object of this standard is to formulate uniform requirements and test procedures regarding performance and testing of fuses intended to be used for capacitor protection.

2. Definitions

2.1 Capacitor element (or element)

An indivisible part of a capacitor consisting of electrodes separated by a dielectric.

Note. – The word “element” in this standard is used according to the definition of IEC Publication 70.

2.2 Capacitor unit (or unit)

An assembly of one or more capacitor elements in a single container with terminals brought out.

2.3 Capacitor bank (or bank)

A group of units, connected electrically to each other, e.g. a three-phase bank may be composed of three single-phase units.

2.4 Condensateur

Dans la présente norme, le terme «condensateur» est employé lorsqu'il n'est pas nécessaire de préciser s'il s'agit d'un condensateur unitaire ou d'une batterie.

2.5 Installation de condensateurs

Ensemble constitué par des condensateurs unitaires et les accessoires nécessaires à leur raccordement.

2.6 Protection de batterie

Terme commun désignant tous les dispositifs sauf les fusibles internes qui assurent la protection d'une batterie de condensateurs ou d'une partie de celle-ci.

2.7 Protection de déséquilibre

Dispositif sensible à une différence de capacité entre des branches de batterie normalement équilibrées.

Note. – Cette différence de capacité peut être due à la fusion de fusibles ou au claquage d'éléments de la batterie.

2.8 Fusible d'unité

Fusible destiné à être utilisé pour la protection d'un condensateur unitaire qui fait partie d'une batterie de condensateurs.

2.9 Fusible de ligne

Fusible destiné à être utilisé pour la protection globale d'un condensateur raccordé à un point donné d'un réseau.

2.10 Recharge

Ensemble de pièces de rechange suffisant pour remettre un élément de remplacement dans son état initial après fonctionnement.

2.11 Pouvoir de coupure capacitif

Courant pour lequel les conditions prescrites d'emploi et de comportement comprennent l'ouverture du circuit d'un condensateur unitaire ou d'une batterie de condensateurs.

2.12 Pouvoir de coupure capacitif nominal

Pouvoir de coupure capacitif maximal que le fusible doit être capable de couper dans les conditions d'utilisation et de comportement prescrites dans cette norme.

2.4 Capacitor

In this standard, the word “capacitor” is used when it is not necessary to lay particular stress upon the different meanings of the word “capacitor unit” or “capacitor bank”.

2.5 Capacitor equipment

An assembly of capacitor units and accessories suitable for connection to a circuit.

2.6 Bank protection

Common name for all protective equipment, except the internal fuses, for a capacitor bank or part thereof.

2.7 Unbalance protection

A device sensitive to capacitance difference between branches of the bank normally in balance with each other.

Note. – The capacitance difference may be due to blown fuse(s) or insulation failure within the bank.

2.8 Unit fuse

Fuse intended to be used for the protection of a capacitor unit which forms a part of a capacitor bank.

2.9 Line fuse

Fuse intended to be used for the overall protection of a capacitor connected to a given point of a system.

2.10 Refill unit

A set of replacement parts sufficient to restore a fuse-link to its original condition after an operation.

2.11 Capacitive breaking current

A current for which the specified conditions of use and behaviour include the opening of the circuit of a capacitor unit or capacitor bank.

2.12 Rated capacitive breaking current

The maximum capacitive breaking current that the fuse shall be capable of breaking under the conditions of use and behaviour prescribed in this standard.

CHAPITRE II

3. Spécifications relatives au fonctionnement

3.1 Généralités

Le fusible est raccordé en série avec l'unité (ou les unités) qu'il est destiné à isoler si un défaut survient dans cette (ou ces) unité(s). Les courant et tension du fusible dépendent donc des caractéristiques du condensateur et de la batterie auxquels le fusible est raccordé ainsi que des paramètres du circuit d'alimentation.

Le fonctionnement d'un fusible externe est en général déterminé par les deux facteurs suivants:

1. le courant de défaut à fréquence industrielle provenant d'un défaut intéressant une partie ou la totalité du condensateur;
2. l'énergie fournie par la décharge de toutes unités en parallèle avec le défaut.

Toutefois, la présente norme donne une méthode pour vérifier séparément ces facteurs.

Ces spécifications sont valables pour les condensateurs mis en et hors circuit par un appareil de connexion sans réamorçage. Si l'appareil de connexion n'est pas sans réamorçage, d'autres spécifications sont à définir.

Dans le texte de la présente norme, U_n désigne la tension nominale de l'unité et U_{nf} celle du fusible de condensateur.

3.2 Spécifications relatives à la coupure

Tensions de fonctionnement

Le fusible doit être choisi de façon à pouvoir isoler l'unité (ou les unités) en défaut avec un minimum de perturbation pour le réseau et pour l'unité concernée, dans les situations de réseau les plus courantes à l'instant du défaut et aux tensions suivantes:

- a) En présence de courants transitoires, par exemple lors de la mise sous tension, la limite supérieure de la tension transitoire entre bornes de l'unité est $2,0 U_n \sqrt{2}$, dans laquelle U_n est la tension nominale de l'unité. Après fonctionnement, le fusible doit être capable de supporter cette tension transitoire.

Note. Le constructeur de fusibles doit indiquer si les possibilités du fusible diffèrent des spécifications ci-dessus.

- b) Lorsque le fusible est soumis à des courants capacitifs à fréquence industrielle, il doit être capable de fonctionner sous une tension de $1,1 U_n$ et par suite de supporter cette tension augmentée de la composante aperiodique résultant d'une charge capacitive résiduelle après fonctionnement du fusible.

Pouvoir de coupure capacitif nominal

Pour les fusibles limiteurs de courant, les valeurs préférentielles de pouvoir de coupure capacitif nominal sont 20 et 50 fois le courant nominal le plus élevé d'une série homogène telle que définie au paragraphe 5.5 de la Publication 282-1 de la C.E.I. D'autres valeurs doivent faire l'objet d'un accord entre constructeur et utilisateur.

Pour les fusibles à expulsion, les valeurs préférentielles de pouvoir de coupure capacitif nominal sont 20 et 50 fois le courant nominal de la plus grosse recharge prescrite par le constructeur d'éléments de remplacement rechargeables. D'autres valeurs doivent faire l'objet d'un accord entre constructeur et utilisateur.

3.3. Spécifications relatives à la tenue

Tension nominale: la tension nominale U_{nf} du fusible ne doit pas être inférieure à 1,1 fois la tension nominale U_n du condensateur unitaire.

Courant nominal: le courant nominal du fusible doit être au moins égal à 1,43 fois le courant nominal I_n du condensateur.

- Notes*
1. - En principe, le courant en service continu ne dépasse pas 1,3 fois I_n mais comme la capacité peut atteindre 1,1 fois la valeur correspondant à la puissance nominale, le courant peut avoir une valeur maximale de $1,3 \times 1,1 = 1,43$ fois le courant nominal.
 2. - Lorsque la température de l'air à l'emplacement du fusible dépasse 40 °C, il est recommandé de consulter le constructeur.
 3. - Pour certains types d'éléments de remplacement offrant une possibilité de surcharge, il est recommandé de prendre cette propriété en considération.

CHAPTER II

3. Performance requirements

3.1 General

The fuse is connected in series with the unit(s) which the fuse is intended to isolate if the unit(s) becomes faulty. The range in currents and voltages for the fuse is therefore dependent on the characteristics of the capacitor and the bank in which the fuse is connected as well as the parameters of the supply circuit.

The operation of an external fuse is in general determined by the following two factors:

1. the power-frequency fault current resulting from either a partial or complete capacitor failure;
2. the discharge energy from any units in parallel with the fault.

However, this standard gives a method of separate checking of these factors.

These requirements are valid for capacitors switched by a restrike-free switching device. If the switching device is not restrike-free, other requirements are to be agreed upon.

As used in this standard, U_n is the rated voltage of the capacitor unit and U_{nf} is the rated voltage of the capacitor fuse.

3.2 Breaking requirements

Operating voltages

The fuse shall be so selected as to isolate the faulty unit(s) with a minimum disturbance to the system and to the capacitor unit involved under maximum prevailing system conditions occurring at the time of the fault and at the following voltages:

- a) Under transient current conditions, e.g. during energization, the higher limit of the transient voltage between terminals of the unit is $2.0 U_n \sqrt{2}$, where U_n is the rated voltage of the unit. After operation, the fuse shall be capable of withstanding the above transient voltage.

Note. – The fuse manufacturer shall specify if the fuse capability differs from the above requirements.

- b) When the fuse is subjected to power-frequency capacitive currents, it shall be capable of operating against a voltage of $1.1 U_n$ and then withstanding this voltage plus any d. c. voltage component resulting from any capacitive charge remaining after the operation of the fuse.

Rated capacitive breaking current

For current-limiting fuses, the preferred values of the rated capacitive breaking current are 20 and 50 times the rated current of the highest current rating of a homogeneous series, as defined in Sub-Clause 5.5 of IEC Publication 282-1. Other values shall be the subject of an agreement between manufacturer and user.

For expulsion fuses, the preferred values of the rated capacitive breaking current are 20 and 50 times the rated current of the largest refill unit recommended by the manufacturer of renewable fuse-links. Other values shall be the subject of an agreement between manufacturer and user.

3.3 Withstand requirements

Rated voltage: the rated voltage U_{nf} of the fuse must not be less than 1.1 times the rated voltage U_n of the capacitor unit.

Rated current: the rated current of the fuse shall be at least 1.43 times the rated current I_n of the capacitor.

- Notes*
1. – In principle, the continuous current does not exceed 1.3 times I_n , but as the capacitance may reach 1.1 times the value corresponding to the rated output, the current may have a maximum value of $1.3 \times 1.1 = 1.43$ times the rated current.
 2. – When the air temperature at the fuse location exceeds 40°C, it is recommended to consult the manufacturer.
 3. – For certain types of fuse-links having an overload capability, it is recommended to take this property into consideration.

CHAPITRE III

4. Essais de type

4.1 Généralités

Pour être conformes à la présente norme, les fusibles doivent être soumis aux essais spécifiés dans le tableau I.

Note. – Pour les fusibles appartenant à une série homogène selon les définitions des Publications 282-1 et 282-2 de la CEI, il est admis que les essais effectués sur un nombre réduit de courants nominaux sont valables pour les autres courants nominaux. Des instructions détaillées sont données dans les paragraphes 4.2, 4.3.1 et 4.3.2.

TABLEAU I

Essais	Fusible pouvant être soumis à des courants inductifs au lieu d'utilisation Voir 2 ci-dessous		Fusible normalement non soumis à des courants inductifs au lieu d'utilisation Voir 3 ci-dessous
	Fusible de ligne	Fusible d'unité	
Courants inductifs Voir 1 ci-dessous	X	X	
Courants capacitifs (paragraphe 4.2)	Voir 4 ci-dessous	X	X
Décharge (paragraphe 4.3)	X	X	X

1. Ces essais doivent comprendre:
Les suites d'essais 1 et 2 suivant la Publication 282-1 de la CEI ou les suites d'essais 1, 2 et 3 suivant la Publication 282-2 de la CEI.
2. Exemples de telles applications:
 - fusibles de ligne;
 - fusibles d'unité dans des batteries de condensateurs montées en triangle sans unités en série;
 - fusibles d'unité dans des batteries de condensateurs montées en étoile sans unités en série et avec neutre à la terre.
3. Exemples de telles applications:
 - fusibles d'unité dans des batteries de condensateurs montées en étoile avec neutre isolé;
 - batteries de condensateurs où les unités sont en série.
4. Lorsqu'ils sont utilisés sur des batteries de condensateurs montées en étoile avec neutre isolé, les fusibles de ligne doivent être soumis aux essais de courants capacitifs.

Règles d'essais

Le fusible doit être neuf, propre et en bon état.

L'élément de remplacement doit être essayé sur un socle tel que spécifié par le constructeur de l'élément de remplacement.

En effectuant les essais d'une série sur des éléments de remplacement rechargeables, seuls les éléments fusibles, les recharges et les parties normalement remplaçables doivent être remplacées. Un porte-fusible neuf doit être utilisé pour une autre série d'essais.

CHAPTER III

4. Type tests

4.1 General

To comply with this standard, fuses shall be subjected to the tests specified in Table I.

Note. – For fuses belonging to a homogeneous series as defined in IEC Publications 282-1 and 282-2, it is allowed that tests made on a reduced number of current ratings shall be valid for the other current ratings. Detailed information is given in Sub-clauses 4.2, 4.3.1 and 4.3.2.

TABLE I

Tests	Fuses to be used where inductive currents can flow See 2 below		Fuses to be used where inductive currents are not likely to flow See 3 below
	Line fuses	Unit fuses	
Inductive currents See 1 below	X	X	
Capacitive currents (Sub-clause 4.2)	See 4 below	X	X
Discharge (Sub-clause 4.3)	X	X	X

- These tests shall comprise the following:
Test duties 1 and 2 according to IEC Publication 282-1 or test duties 1, 2 and 3 according to IEC Publication 282-2.
- Examples of such applications are:
 - line fuses;
 - unit fuses in delta-connected banks without units in series;
 - unit fuses in star-connected banks without units in series and with earthed neutral.
- Examples of such applications are:
 - unit fuses in star-connected banks with unearthed neutral;
 - banks where units are used in series.
- For use with unearthed star-connected banks, line fuses shall be tested on capacitive currents.

Test practices

The fuse shall be new, clean and in good condition.

The fuse-link shall be tested in a fuse-base as specified by the manufacturer of the fuse-link.

In making tests of a test duty within a series of renewable fuse-links, only the fuse-elements, refill units and parts normally replaceable shall be replaced. A new fuse-carrier shall be used for tests of the other test duty.

4.2 Essais de pouvoir de coupure capacitif

Pour les fusibles limiteurs de courant et pour les fusibles à expulsion appartenant à une série homogène selon les définitions des Publications 282-1 et 282-2 de la CEI, les essais doivent être effectués sur les éléments de remplacement ayant le courant nominal le plus élevé.

4.2.1 Description des essais à effectuer

Ces essais sont destinés à faire la preuve que le fusible peut couper les courants capacitifs et doivent comprendre deux suites d'essais.

Suite d'essais A: vérification du pouvoir de coupure capacitif nominal (voir l'article 3).

Suite d'essais B: vérification de fonctionnement avec une valeur de courant conduisant à une durée de préarc de (5 ± 2) min.

Les circuits d'essais spécifiés au paragraphe 4.2.2 et les paramètres spécifiés au paragraphe 4.2.5 ont été choisis de façon à reproduire aussi fidèlement que possible le service que les fusibles assurent dans les applications réelles.

En ce qui concerne les fusibles d'unité, le type de défaillance des condensateurs unitaires détermine l'amplitude du courant que le fusible doit couper.

Lors d'une défaillance totale du condensateur unitaire, la configuration de la batterie (voir le tableau I) détermine l'amplitude et les caractéristiques du courant (inductif ou capacitif) traversant l'unité et son fusible. La suite d'essais A représente le cas où le fusible coupe un courant capacitif.

Lors d'une défaillance progressive élément par élément dans un condensateur unitaire, le courant augmente jusqu'à ce qu'il atteigne une amplitude capable de faire fondre le fusible. La suite d'essais B représente ce cas.

4.2.2 Circuits d'essais

Les essais doivent être effectués en courant alternatif monophasé avec des fusibles unipolaires.

Le circuit d'alimentation doit avoir une impédance telle que la variation de tension provoquée par la coupure du courant capacitif ne dépasse pas 10 %. Le circuit d'alimentation doit avoir un facteur de puissance n'excédant pas 0,15 en retard et une capacité aussi faible que possible.

Pour la suite d'essais A sur des fusibles d'unité, le circuit de charge doit être celui représenté à la figure 1, page 24.

Le fonctionnement du fusible est provoqué par la fermeture de l'interrupteur S en série avec lui, de façon à simuler la défaillance totale d'un condensateur unitaire qu'il protégerait.

C_T représente la capacité de la batterie qui limite le courant de défaut et C_P représente les condensateurs en parallèle avec l'unité défaillante. La valeur de C_P , exprimée en microfarads, doit être $C_P \geq \frac{1000}{U_{nf}^2}$, U_{nf} étant exprimé en kilovolts.

La tension de la source E_S doit être choisie de façon à obtenir la tension de rétablissement à fréquence industrielle spécifiée donnée dans le tableau II, compte tenu du rapport des capacités $\frac{C_T}{C_P}$. Il est probable qu'une relation plus précise entre E_S et E_F puisse être établie à la lumière de certains résultats d'expérience ultérieurs.

Pour la suite d'essais B sur des fusibles d'unité, le circuit de charge doit être celui représenté à la figure 2, page 24.

Le fonctionnement du fusible est provoqué par l'ouverture de l'interrupteur S en parallèle avec lui.

C_T représente les éléments sains du condensateur unitaire et C_P représente les autres unités de la batterie en parallèle avec l'unité défaillante. La valeur de C_P exprimée en microfarads, doit être $C_P \geq \frac{1000}{U_{nf}^2}$, U_{nf} étant exprimé en kilovolts.

Note. – Dans les deux circuits, l'influence de la capacité sur la tension de rétablissement aux bornes du fusible lors de son fonctionnement est prise en compte par C_P . La valeur minimale spécifiée représente de 300 kvar à 400 kvar (selon la fréquence) c'est-à-dire la puissance de la plus petite batterie pour laquelle des fusibles individuels sont normalement utilisés. L'expérience a montré que la valeur de C_P n'a pas d'influence critique sur la coupure du courant capacitif par les fusibles et c'est pourquoi seule une valeur minimale est spécifiée.

4.2 Capacitive breaking current tests

For both current-limiting fuses and expulsion fuses belonging to a homogeneous series as defined in IEC Publications 282-1 and 282-2, tests shall be made on the fuse-links with the highest current rating.

4.2.1 Description of tests to be made

These tests are intended to prove the ability of the fuse to break capacitive currents and shall include two test duties.

Test duty A: verification of the rated capacitive breaking capacity (see Clause 3).

Test duty B: verification of the operation with a current value resulting in a pre-arcing time of (5 ± 2) min.

The test circuits specified in Sub-clause 4.2.2 and the parameters specified in Sub-clause 4.2.5 have been so chosen as to reproduce as closely as possible the duty which the fuses experience in actual applications.

When applied as unit fuses, the mode of failure of the capacitor units determines the magnitude of the current which the fuse must break.

For the complete failure of a capacitor unit, the bank configuration (see Table I) determines the magnitude and characteristics (inductive or capacitive) of the current through the unit and its fuse. Test duty A simulates the condition where the fuse breaks capacitive current.

For progressive element failure in the capacitor unit, the current increases until it reaches a magnitude that will just melt the fuse. Test duty B simulates this condition.

4.2.2 Test circuits

The tests shall be made with single-phase alternating current and with single fuses.

The supply circuit shall have an impedance such that the voltage variation caused by switching the capacitive current shall not exceed 10 %. The power factor of the supply circuit shall not exceed 0.15 lagging and its capacitance shall be as low as possible.

For test duty A on unit fuses, the load circuit shall be as shown in Figure 1, page 24.

Operation of the fuse is initiated by closing the switch S in series with the fuse, in order to simulate the total failure of a capacitor unit protected by the fuse.

C_T represents the capacitance in the bank which limits the fault current and C_P represents the capacitors which are in parallel with the failed unit. The value of C_P in microfarads shall be $C_P \geq \frac{1000}{U_{nf}^2}$, U_{nf} being expressed in kilovolts.

The source voltage E_S should be so chosen that, taking into account the ratio of the capacitances $\frac{C_T}{C_P}$, the specified power-frequency recovery voltage given in Table II is obtained. It is expected that, in the light of some further empirical evidence, a more precise relationship between E_S and E_F may be evolved.

For test duty B on unit fuses, the load circuit shall be as shown in Figure 2, page 24.

Operation of the fuse is initiated by opening the switch S in parallel with the fuse.

C_T represents the remaining healthy elements of the capacitor unit and C_P represents the other units in the bank which are in parallel with the failed unit. The value of C_P in microfarads shall be $C_P \geq \frac{1000}{U_{nf}^2}$, U_{nf} being expressed in kilovolts.

Note. – In both circuits, the effect of capacitance on the recovery voltage appearing across the fuse when it operates is taken into account by C_P . The minimum value specified represents between 300 kvar and 400 kvar (depending on frequency), i.e. the size of the smallest capacitor bank on which individual fuses would normally be applied. Experience has shown that the value of C_P is not critical in its effect on the capacitive current-breaking performance of fuses, and therefore only a minimum value is specified.

Pour les suites d'essais A et B effectuées sur les fusibles de ligne, le circuit de charge doit être celui représenté à la figure 1, page 24, sauf que la capacité C_p est supprimée.

Il est recommandé que la forme de l'onde du courant à couper soit aussi voisine que possible d'une sinusoïde. Cette condition est considérée comme remplie si le rapport de la valeur efficace du courant à la valeur efficace de la composante fondamentale ne dépasse pas 1,2.

Le courant à couper ne doit pas passer par zéro plus d'une fois par demi-période.

4.2.3 Disposition de l'appareil

Les fusibles à expulsion et les fusibles sectionneurs limiteurs de courant à ouverture automatique doivent être montés de la même manière que dans une batterie de condensateurs. Un fusible sous tension doit être placé de chaque côté du fusible en essai, de façon à vérifier correctement que l'expulsion des gaz ou la réduction de la distance dans l'air ne provoque pas d'amorçages susceptibles de faire fonctionner les fusibles voisins.

Les autres fusibles limiteurs de courant peuvent être montés de n'importe quelle manière convenable.

4.2.4 Modalités d'essai

Les modalités d'essai à suivre pour obtenir le courant présumé spécifié doivent être celles spécifiées pour les essais de coupure dans les Publications 282-1 ou 282-2 de la CEI.

4.2.5 Paramètres à utiliser pour les essais

Les paramètres à utiliser au cours des essais sont donnés dans le tableau II.

TABLEAU II

Paramètres	Suite d'essais A	Suite d'essais B
Tension de rétablissement à fréquence industrielle (c'est-à-dire à l'exclusion de la composante aperiodique de la tension)	$1,0 U_{nf} +5\%$	$1,0 U_{nf} +5\%$
Facteur de puissance (en avance)	$\leq 0,15$	
Courant présumé	Pouvoir de coupure capacitif nominal	Valeur de courant donnant une durée de préarc de (5 ± 2) min
Angle d'établissement après le zéro de tension	De 0° à 20° *	Quelconque
Nombre d'essais	3	

* Cela donne les contraintes les plus sévères sur le fusible, car la fermeture du circuit au voisinage du zéro de tension réduit au minimum le courant de décharge en provenance de la capacité en parallèle et son effet sur la durée de préarc du fusible.

Pour les fusibles à expulsion et pour les fusibles sectionneurs limiteurs de courant à ouverture automatique, la tension doit être maintenue sur le fusible pendant 1 s. Pour les autres fusibles limiteurs de courant, cette durée sera de 60 s.

For test duties A and B on line fuses, the load circuit shall be as shown in Figure 1, page 24, except that capacitance C_p shall be omitted.

The waveform of the current to be broken should, as nearly as possible, be sinusoidal. This condition is considered to be complied with if the ratio of the r.m.s. value of the current to the r.m.s. value of the fundamental component does not exceed 1.2.

The current to be broken shall not pass through zero more than once per half-cycle.

4.2.3 Arrangement of the equipment

Expulsion and current-limiting fuses which automatically provide an isolating gap after operation shall be mounted as they will be in a capacitor bank. An energized fuse shall be placed on each side of the fuse under test to determine adequately that any expulsion of gas or reduction of clearance does not cause flashovers which might initiate operation of the adjacent fuses.

Other current-limiting fuses may be mounted in any convenient manner.

4.2.4 Test procedure

The test procedure to obtain the specified prospective current shall be that specified for the breaking tests in IEC Publications 282-1 or 282-2.

4.2.5 Parameters to be used for tests

The parameters to be used when making the tests are given in Table II.

TABLE II

Parameters	Test duty A	Test duty B
Power-frequency recovery voltage (i.e. excluding d.c. voltage component)	$1.0 U_{nf} +5\%$	$1.0 U_{nf} +5\%$
Power factor (leading)	≤ 0.15	
Prospective current	Rated capacitive breaking current	Current value resulting in a pre-arcing time of (5 ± 2) min
Making angle after voltage zero	From 0° to 20° *	Random timing
Number of tests	3	2

* This produces the most severe condition for the fuse since closing the circuit near voltage zero minimizes discharge current from the parallel capacitance and its effect on the pre-arcing time of the fuse.

For expulsion fuses and current-limiting fuses which automatically provide an isolating gap after operation, the voltage shall be maintained on the fuse for 1 s. For other current-limiting fuses, the time shall be 60 s.

4.3 Essais de décharge

Ces essais sont effectués pour vérifier:

- le I^2t que l'élément de remplacement peut supporter sous la forme de décharges répétitives (essais d'endurance de décharge);
- l'énergie que le fusible peut supporter sans exploser (essais de coupure de décharge).

Un essai d'étalonnage doit être effectué en remplaçant le fusible en essai par une barrette d'impédance négligeable comparée à celle du circuit d'essai. Cet essai peut être fait avec une tension réduite.

Le circuit sera ajusté pour donner I^2t ou l'énergie de décharge, la fréquence d'oscillation et le décrément spécifiés. On le vérifiera par un enregistrement oscillographique. Le rapport entre les crêtes successives doit être compris entre 0,8 et 0,95 pour les essais d'endurance de décharge et entre 0,8 et 0,85 pour les essais de coupure de décharge.

Les essais doivent être effectués sur des fusibles neufs avec les quantités de I^2t et d'énergie spécifiées par le constructeur (voir le chapitre IV).

4.3.1 Essais d'endurance de décharge

Pour les fusibles limiteurs de courant et les fusibles à expulsion appartenant à une série homogène selon les définitions des Publications 282-1 et 282-2 de la CEI, les essais doivent être effectués sur les éléments de remplacement ayant le courant nominal le plus élevé et le courant nominal le plus faible.

Ces essais doivent être effectués à une tension quelconque convenable et doivent comprendre deux suites d'essais:

- a) 5 décharges en 10 min sur le même élément de remplacement.

La fréquence oscillatoire de décharge doit être:

$f(\text{kHz}) = 1,2 U_{\text{nf}} (\text{kV})^{+20\%}$ pour les éléments de remplacement dont le courant nominal ne dépasse pas 31,5 A.

$f(\text{kHz}) = 0,8 U_{\text{nf}} (\text{kV})^{+20\%}$ pour les éléments de remplacement dont le courant nominal dépasse 31,5 A.

- b) 100 décharges sur le même élément de remplacement dans un intervalle de temps fixé par le constructeur.

La fréquence oscillatoire de décharge doit être égale à $8 \text{ kHz}^{+20\%}$.

La valeur de I^2t doit être estimée d'après l'oscillogramme du courant ou par une méthode équivalente.

Après cet essai, l'élément de remplacement doit toujours être conducteur.

4.3.2 Essais de coupure de décharge

Pour les fusibles limiteurs de courant appartenant à une série homogène selon la définition de la Publication 282-1 de la CEI, les essais doivent être effectués sur l'élément de remplacement ayant le courant nominal le plus élevé.

Pour les fusibles à expulsion appartenant à une série homogène selon la définition de la Publication 282-2, les essais doivent être effectués sur l'élément de remplacement dont la distance entre les points extrêmes d'accrochage de l'arc est la plus grande. Si cette distance est la même pour plusieurs éléments de remplacement, les essais doivent être effectués sur celui ayant le plus faible courant nominal.

4.3.2.1 Circuit d'essai

Les essais doivent être effectués avec un condensateur dont la capacité est telle que l'énergie emmagasinée a la valeur spécifiée à la tension d'essai spécifiée ci-après. Ce condensateur doit être chargé en courant continu à l'une des tensions suivantes:

$1,82 U_{\text{nf}} \sqrt{2}$ pour les fusibles limiteurs de courant.

$1,10 U_{\text{nf}} \sqrt{2}$ pour les fusibles à expulsion sauf spécification contraire.

4.3 Discharge tests

These tests are made to verify:

- the I^2t to which the fuse-link can be subjected for repetitive discharges (endurance discharge tests);
- the energy which the fuse can withstand without bursting (breaking discharge tests).

A calibration test shall be made by replacing the fuse-link under test by a link of negligible impedance compared with that of the test circuit. This test may be made with a reduced voltage.

The circuit shall be adjusted to give the specified discharge I^2t or energy, oscillatory frequency and decrement. This shall be verified by an oscillographic record. The ratio between successive peaks shall be from 0.8 to 0.95 for the endurance discharge tests and from 0.8 to 0.85 for the breaking discharge tests.

Tests shall be made on new fuses with the amounts of I^2t and energy specified by the manufacturer (see Chapter IV).

4.3.1 Endurance discharge tests

For both current-limiting fuses and expulsion fuses belonging to a homogeneous series as defined in IEC Publications 282-1 and 282-2, tests shall be made on the fuse-links with the highest and the lowest current ratings.

These tests may be made at any convenient voltage and shall include two test duties:

- a) 5 discharges on the same fuse-link within 10 min.

The discharge oscillatory frequency shall be:

$f(\text{kHz}) = 1.2 U_{\text{nf}} (\text{kV})^{+20}_{-0}\%$ for fuse-links with rated currents not exceeding 31.5 A.

$f(\text{kHz}) = 0.8 U_{\text{nf}} (\text{kV})^{+20}_{-0}\%$ for fuse-links with rated currents exceeding 31.5 A.

- b) 100 discharges on the same fuse-link at a time interval set by the manufacturer.

The discharge oscillatory frequency shall be $8 \text{ kHz }^{+20}_{-0}\%$.

The value of I^2t shall be estimated from the oscillogram of current or by an equivalent method.

After this test, the fuse-link shall be still conducting.

4.3.2 Breaking discharge tests

For current-limiting fuses belonging to a homogeneous series as defined in IEC Publication 282-1, tests shall be made on the fuse-link with the highest current rating.

For expulsion fuses belonging to a homogeneous series as defined in IEC Publication 282-2, tests shall be made on the fuse-link rating with the largest distance between arcing terminals. If there are a number of fuse-links with the same distance, tests shall be on the one having the lowest current rating.

4.3.2.1 Test circuit

Tests shall be made with a capacitor the capacitance of which is such that the stored energy has the specified value at the test voltage specified below. This capacitor shall be charged by means of d.c. to one of the following voltages:

$1.82 U_{\text{nf}} \sqrt{2}$ for current-limiting fuses.

$1.10 U_{\text{nf}} \sqrt{2}$ for expulsion fuses unless otherwise specified.

Le condensateur doit être déchargé à travers le fusible en essai dans un circuit dont la fréquence d'oscillation est:

$f(\text{kHz}) = 1,2 U_{\text{nf}}(\text{kV})^{+20\%}$ pour les éléments de remplacement dont le courant nominal ne dépasse pas 31,5 A.

$f(\text{kHz}) = 0,8 U_{\text{nf}}(\text{kV})^{+20\%}$ pour les éléments de remplacement dont le courant nominal dépasse 31,5 A.

4.3.2.2 Modalités d'essai

Deux essais doivent être effectués. Pour les fusibles à expulsion, le deuxième essai doit être fait sur un fusible entièrement neuf.

Pour les fusibles qui n'introduisent pas un intervalle d'air visible dans le circuit au cours de leur fonctionnement, la tension doit être maintenue sur le fusible pendant 10 min après le fonctionnement. Cela implique que le condensateur utilisé pour l'essai ne comporte pas de résistance de décharge.

Pour les autres fusibles, rien n'est spécifié en ce qui concerne le maintien de la tension.

Pour les fusibles limiteurs de courant, la tension résiduelle aux bornes du condensateur doit être mesurée immédiatement après la décharge afin de déterminer la quantité d'énergie dissipée dans l'élément de remplacement. La tension résiduelle doit être indiquée dans le rapport d'essai.

4.3.2.3 Conditions normales de fonctionnement en ce qui concerne les essais de coupure

a) Au cours du fonctionnement aucun amorçage à la terre ou sur les condensateurs voisins ne doit se produire dans les conditions de montage recommandées par le constructeur.

Un élément de remplacement limiteur de courant ne doit pas émettre de flamme ni de poudre; cependant, il est admis qu'une faible émission de flamme puisse se produire à partir d'un percuteur ou d'un dispositif indicateur à condition que cela ne provoque pas d'amorçage ni de courant de fuite important à la masse.

b) Après fonctionnement, les parties du fusible, sauf celles prévues pour être remplacées après chaque fonctionnement, doivent être sensiblement dans le même état qu'au début de l'essai sauf pour ce qui concerne l'érosion de l'intérieur du tube des fusibles à expulsion.

Pour les fusibles limiteurs de courant, on doit pouvoir enlever l'élément de remplacement en une seule pièce après son fonctionnement.

Cependant, après l'essai de coupure sur décharge, les pièces du fusible peuvent avoir été endommagées et nécessiter leur remplacement pour remettre le fusible en état de fonctionner.

c) Après fonctionnement, le fusible doit pouvoir supporter entre ses bornes les tensions spécifiées au paragraphe 3.2a). Lorsqu'un fusible sectionneur à ouverture automatique a fonctionné, il doit également présenter les qualités diélectriques spécifiées.