

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

61881

Première édition
First edition
1999-09

**Applications ferroviaires – Matériel roulant –
Condensateurs pour électronique de puissance**

**Railway applications – Rolling stock equipment –
Capacitors for power electronics**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 61881:1999

Numéros des publications

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

Publications consolidées

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

Validité de la présente publication

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

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

Les renseignements relatifs à 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

61881

Première édition
First edition
1999-09

**Applications ferroviaires – Matériel roulant –
Condensateurs pour électronique de puissance**

**Railway applications – Rolling stock equipment –
Capacitors for power electronics**

© IEC 1999 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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

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

International Electrotechnical Commission
Telefax: +41 22 919 0300

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



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

X

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

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	6
Articles	
1 Généralités	8
1.1 Domaine d'application et objet	8
1.2 Références normatives	10
1.3 Définitions	10
1.4 Conditions de service	18
2 Exigences de qualité et essais	22
2.1 Prescriptions d'essai	22
2.2 Classification des essais	22
2.3 Mesures de la capacité et de la tangente $\tan \delta$ (essai de série)	24
2.4 Mesure de la tangente de perte ($\tan \delta$) du condensateur (essai de type)	26
2.5 Essai de tension entre bornes	26
2.6 Essai de tension alternative entre bornes et boîtier	28
2.7 Essai de dispositif de décharge interne	30
2.8 Essai d'étanchéité	30
2.9 Essai de tension de choc	30
2.10 Essai de stabilité thermique	32
2.11 Essai d'autorégénération	34
2.12 Mesure de la fréquence de résonance	34
2.13 Essais d'environnement	34
2.14 Essais mécaniques	36
2.15 Essai d'endurance	38
2.16 Essai destructif	42
2.17 Essai de déconnexion des coupe-circuit	50
2.18 Mesures de décharge partielle (essais de type facultatifs)	56
3 Surcharges	56
3.1 Tension maximale admissible	56
4 Prescriptions de sécurité	56
4.1 Dispositif de décharge	56
4.2 Connexions du boîtier	58
4.3 Protection de l'environnement	58
4.4 Autres prescriptions de sécurité	58
5 Marquages	58
5.1 Marquage des unités	58

CONTENTS

	Page
FOREWORD	7
Clause	
1 General	9
1.1 Scope and object	9
1.2 Normative references	11
1.3 Definitions	11
1.4 Service conditions	19
2 Quality requirements and tests	23
2.1 Test requirements	23
2.2 Classification of tests	23
2.3 Capacitance and $\tan \delta$ measurements (routine test)	25
2.4 Capacitor loss tangent ($\tan \delta$) measurement (type test)	27
2.5 Voltage test between terminals	27
2.6 AC voltage test between terminals and case	29
2.7 Test of internal discharge device	31
2.8 Sealing test	31
2.9 Surge discharge test	31
2.10 Thermal stability test	33
2.11 Self-healing test	35
2.12 Resonance frequency measurement	35
2.13 Environmental testing	35
2.14 Mechanical testing	37
2.15 Endurance test	39
2.16 Destruction test	43
2.17 Disconnecting test on fuses	51
2.18 Partial discharge measurements (optional type tests)	57
3 Overloads	57
3.1 Maximum permissible voltage	57
4 Safety requirements	57
4.1 Discharge device	57
4.2 Case connections	59
4.3 Protection of the environment	59
4.4 Other safety requirements	59
5 Markings	59
5.1 Marking of the units	59

Articles	Pages
6 Guide d'installation et de fonctionnement	60
6.1 Généralités.....	60
6.2 Choix de la tension assignée	62
6.3 Température de fonctionnement	62
6.4 Conditions de service particulières.....	64
6.5 Surtensions	64
6.6 Courants de surcharge	64
6.7 Dispositifs de commutation et de protection	64
6.8 Choix des lignes de fuite et des distances d'isolement	66
6.9 Connexions	66
6.10 Connexions parallèles des condensateurs.....	66
6.11 Connexions de condensateurs en série.....	66
6.12 Pertes magnétiques et courants de Foucault.....	68
6.13 Guide pour la protection par coupe-circuit à fusibles et sectionneur.....	68
Annexe A (informative) Formes d'onde.....	70
Annexe B (normative) Limites de fonctionnement des condensateurs avec des tensions sinusoïdales exprimées en fonction de la fréquence et à température maximale ($\theta_{\max}$)	76
Annexe C (normative) Méthodes de mesure de la fréquence de résonance – Exemples	80
Annexe D (informative) Bibliographie.....	84
Figure 1 – Montage pour essai destructif.....	44
Figure 2 – Source N de courant continu et alternatif	48
Figure 3 – Source N de courant continu	50
Figure A.1 – Exemple de durée d'impulsion de courant	74
Figure B.1 – Conditions d'alimentation électrique	76
Figure C.1 – Circuit de mesure	80
Figure C.2 – Relation entre la tension aux bornes du condensateur et la fréquence d'alimentation.....	80
Figure C.3 – Forme d'onde du courant de décharge	82
Tableau 1 – Température maximale de l'agent de refroidissement pendant une durée illimitée	20
Tableau 2 – Tension d'essai entre bornes	26
Tableau 3 – Essai à chaleur humide	36
Tableau 4 – Essai de robustesse des bornes	36
Tableau 5 – Exemple de courant admissible des bornes à vis et boulons	38
Tableau 6 – Essai d'endurance	40
Tableau 7 – Tension maximale admissible	56

Clause	Page
6 Guide to installation and operation	61
6.1 General	61
6.2 Choice of rated voltage	63
6.3 Operating temperature	63
6.4 Special service conditions	65
6.5 Overvoltages	65
6.6 Overload currents	65
6.7 Switching and protective devices	65
6.8 Choice of creepage distance and clearance	67
6.9 Connections	67
6.10 Parallel connections of capacitors	67
6.11 Series connections of capacitors	67
6.12 Magnetic losses and eddy currents	69
6.13 Guide for fuse and disconnector protection	69
Annex A (informative) Waveforms	71
Annex B (normative) Operational limits of capacitors with sinusoidal voltages as a function of frequency and at maximum temperature ($\theta_{\max}$)	77
Annex C (normative) Resonance frequency measuring methods – Examples	81
Annex D (informative) Bibliography	85
Figure 1 – Destruction test arrangement	45
Figure 2 – N source d.c. plus a.c.	49
Figure 3 – N source d.c.	51
Figure A.1 – Example of current pulse width	75
Figure B.1 – Supply conditions	77
Figure C.1 – Measuring circuit	81
Figure C.2 – Relation between the voltage across the capacitor and the supply frequency	81
Figure C.3 – Discharge current wave shape	83
Table 1 – Maximum temperature of cooling medium for unlimited time	21
Table 2 – Test voltage between terminals	27
Table 3 – Damp heat test	37
Table 4 – Testing the robustness of terminals	37
Table 5 – Example of current-carrying capacities of screw terminals and bolts	39
Table 6 – Endurance test	41
Table 7 – Maximum permissible voltage	57

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

APPLICATIONS FERROVIAIRES – MATÉRIEL ROULANT – CONDENSATEURS POUR ÉLECTRONIQUE DE PUISSANCE

AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Electrotechnique Internationale) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI, entre autres activités, publie des Normes internationales. Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les documents produits se présentent sous la forme de recommandations internationales. Ils sont publiés comme normes, rapports techniques ou guides et agréés comme tels par les Comités nationaux.
- 4) Dans le but d'encourager l'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure possible, les Normes internationales de la CEI dans leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre la norme de la CEI et la norme nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.
- 5) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand un matériel est déclaré conforme à l'une de ses normes.
- 6) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Norme internationale peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 61881 a été établie par le comité d'études 9 de la CEI: Matériel électrique ferroviaire.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
9/522/FDIS	9/530/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/CEI, Partie 3.

Les annexes A et D sont données uniquement à titre d'information.

Les annexes B et C font partie intégrante de cette norme.

Le comité a décidé que cette publication reste valable jusqu'en 2004. A cette date, selon décision préalable du comité, la publication sera

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

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**RAILWAY APPLICATIONS –
ROLLING STOCK EQUIPMENT –
CAPACITORS FOR POWER ELECTRONICS**

FOREWORD

- 1) The IEC (International Electrotechnical Commission) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of the IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, the IEC publishes International Standards. Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. The IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined on agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested National Committees.
- 3) The documents produced have the form of recommendations for international use and are published in the form of standards, technical specifications, technical reports or guides and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 4) In order to promote international unification, IEC National Committees undertake to apply IEC International Standards transparently to the maximum extent possible in their national and regional standards. Any divergence between the IEC Standard and the corresponding national or regional standard shall be clearly indicated in the latter.
- 5) The IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with one of its standards.
- 6) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this International Standard may be the subject of patent rights. The IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 61881 has been prepared by IEC technical committee 9: Electric railway equipment.

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

FDIS	Report on voting
9/522/FDIS	9/530/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 3.

Annexes A and D are for information only.

Annexes B and C form an integral part of this standard.

The committee has decided that this publication remains valid until 2004. At this date, in accordance with the committee's decision, the publication will be

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

APPLICATIONS FERROVIAIRES – MATÉRIEL ROULANT – CONDENSATEURS POUR ÉLECTRONIQUE DE PUISSANCE

1 Généralités

1.1 Domaine d'application et objet

La présente Norme internationale s'applique aux condensateurs pour électronique de puissance destinés à être utilisés sur le matériel roulant.

La tension assignée des condensateurs couverts par la présente norme est limitée à 10 000 V.

La fréquence de fonctionnement des systèmes dans lesquels ces condensateurs sont utilisés est généralement inférieure à 2 500 Hz, tandis que les fréquences d'impulsion sont susceptibles d'atteindre plusieurs milliers de hertz et de dépasser dans certains cas 10 000 Hz.

Une distinction est faite entre les condensateurs pour courant alternatif et ceux pour courant continu.

Ils sont considérés comme des composants montés dans des enveloppes.

NOTE – La présente norme recouvre une gamme extrêmement vaste de condensateurs destinés à de nombreuses applications: protection contre les surtensions, filtrage côté continu et côté alternatif, circuits de commutation, stockage d'énergie en courant continu, onduleurs auxiliaires, etc.

Les éléments suivants sont exclus de la présente norme:

- condensateurs pour les installations de génération de chaleur par induction soumis à des fréquences comprises entre 40 Hz et 24 000 Hz (voir CEI 60110);
- condensateurs des moteurs et applications semblables (voir CEI 60252);
- condensateurs destinés à être utilisés dans les circuits pour le blocage d'un ou plusieurs harmoniques dans les réseaux d'alimentation;
- condensateurs pour courant alternatif de petite taille utilisés pour les lampes à fluorescence et à décharges (voir CEI 61048 et CEI 61049);
- condensateurs d'antiparasitage (voir CEI 60384-14);
- condensateurs shunt destinés à être installés sur des réseaux à courant alternatif avec tension assignée supérieure à 1 000 V (voir CEI 60871-1 et CEI 60871-2);
- condensateurs shunt de puissance autorégénérateurs destinés à être installés sur des réseaux à courant alternatif de tension assignée inférieure ou égale à 1 000 V (voir CEI 60831-1 et CEI 60831-2);
- condensateurs shunt de puissance non autorégénérateurs destinés à être utilisés sur des réseaux de courant alternatif de tension assignée inférieure ou égale à 1 000 V (voir CEI 60931-1 et CEI 60931-2);
- condensateurs électroniques non utilisés dans les circuits de puissance (voir CEI 60080 et CEI 60166);
- condensateurs en série destinés à être utilisés sur des réseaux (voir CEI 60143);
- condensateurs de couplage et diviseurs capacitifs (voir CEI 60358);
- condensateurs destinés à des applications nécessitant un stockage d'énergie/décharge de courant élevé telles que des photocopieurs et des lasers;
- condensateurs pour four à micro-ondes.

Des exemples sont fournis à l'article 6.

RAILWAY APPLICATIONS – ROLLING STOCK EQUIPMENT – CAPACITORS FOR POWER ELECTRONICS

1 General

1.1 Scope and object

This International Standard applies to capacitors for power electronics intended to be used on rolling stock.

The rated voltage of capacitors covered by this part is limited to 10 000 V.

The operating frequency of the systems in which these capacitors are used is usually below 2 500 Hz, while the pulse frequencies may go up to several thousand hertz, in some cases beyond 10 000 Hz.

It distinguishes between a.c. and d.c. capacitors.

They are considered as components mounted in enclosures.

NOTE – This standard covers an extremely wide range of capacitor technologies for numerous applications: overvoltage protection, d.c. and a.c. filtering, switching circuits, d.c. energy storage, auxiliary inverters, etc.

The following are excluded from this standard:

- capacitors for induction heat-generating plants operating at frequencies between 40 Hz and 24 000 Hz (see IEC 60110);
- capacitors for motor applications and the like (see IEC 60252);
- capacitors to be used in circuits for blocking one or more harmonics in power supply networks;
- small a.c. capacitors as used for fluorescent and discharge lamps (see IEC 61048 and IEC 61049);
- capacitors for suppression of radio interference (see IEC 60384-14);
- shunt capacitors for a.c. power systems having a rated voltage above 1 000 V (see IEC 60871-1 and IEC 60871-2);
- shunt power capacitors of the self-healing type for a.c. systems having a rated voltage up to and including 1 000 V (see IEC 60831-1 and IEC 60831-2);
- shunt power capacitor of the non self-healing type for a.c. systems having a rated voltage up to and including 1 000 V (see IEC 60931-1 and IEC 60931-2);
- electronic capacitors not used in power circuits (see IEC 60080 and IEC 60166);
- series capacitors for power systems (see IEC 60143);
- coupling capacitors and capacitors dividers (see IEC 60358);
- capacitors for applications requiring energy storage/high current discharge such as photocopies and lasers;
- capacitors for microwave ovens.

Examples are given in clause 6.

1.2 Références normatives

Les documents normatifs suivants contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente Norme internationale. Pour les références datées, les amendements ultérieurs ou les révisions de ces publications ne s'appliquent pas. Toutefois, les parties prenantes aux accords fondés sur la présente Norme internationale sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-après. Pour les références non datées, la dernière édition du document normatif en référence s'applique. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

CEI 60068-2-3, *Essais d'environnement – Deuxième partie: Essais. Essai Ca: Essai continu de chaleur humide*

CEI 60068-2-14, *Essais d'environnement – Deuxième partie: Essais. Essai N: Variations de température*

CEI 60068-2-20, *Essais d'environnement – Deuxième partie: Essais. Essai T: Soudure*

CEI 60068-2-21, *Essais d'environnement – Deuxième partie: Essais. Essai U: Robustesse des sorties et des dispositifs de fixation*

CEI 60077-1, *Applications ferroviaires – Composants électrotechniques – Partie 1: Conditions générales de service*¹⁾

CEI 60269-1, *Fusibles basse tension – Première partie: Règles générales*

CEI 60721-3-5, *Classification des conditions d'environnement – Partie 3: Classification des groupements des agents d'environnement et de leurs sévérités. Installations des véhicules terrestres*

CEI 61373, *Applications ferroviaires – Matériel roulant – Essais de chocs et vibrations*

1.3 Définitions

Pour les besoins de la présente Norme internationale, les définitions suivantes s'appliquent.

1.3.1

élément de condensateur (ou élément)

partie indivisible d'un condensateur constituée de deux électrodes séparées par un diélectrique

1.3.2

condensateur unitaire (ou unité)

ensemble d'un ou plusieurs éléments de condensateurs placés dans une même enveloppe et reliés à des bornes de sortie

1.3.3

batterie de condensateurs

ensemble de deux condensateurs unitaires ou plus, raccordés entre eux électriquement

1.3.4

condensateur

terme générique utilisé quand il n'est pas nécessaire d'indiquer si l'on fait référence à un élément, une unité ou une batterie de condensateurs

¹⁾ A publier.

1.2 Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this International Standard. For dated references, subsequent amendments to, or revisions of, any of these publications do not apply. However, parties to agreements based on this International Standard are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the normative documents indicated below. For undated references, the latest edition of the normative document referred to applies. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 60068-2-3, *Environmental testing – Part 2: Tests. Test Ca: Damp heat, steady state*

IEC 60068-2-14, *Environmental testing – Part 2: Tests. Test N: Change of temperature*

IEC 60068-2-20, *Environmental testing – Part 2: Tests. Test T: Soldering*

IEC 60068-2-21, *Environmental testing – Part 2: Tests. Test U: Robustness of terminations and integral mounting devices*

IEC 60077-1, *Railway applications – Electrotechnical components – Part 1: General service conditions*¹⁾

IEC 60269-1, *Low-voltage fuses – Part 1: General requirements*

IEC 60721-3-5, *Classification of environmental conditions – Part 3: Classification of groups of environmental parameters and their severities – Ground vehicle installations*

IEC 61373, *Railway applications – Rolling stock equipment – Shock and vibration tests*

1.3 Definitions

For the purpose of this International Standard, the following definitions apply.

1.3.1

capacitor element (or element)

indivisible part of a capacitor consisting of two electrodes separated by a dielectric

1.3.2

capacitor unit (or unit)

assembly of one or more capacitor elements in the same container with terminals brought out

1.3.3

capacitor bank

assembly of two or more capacitor units, electrically connected to each other

1.3.4

capacitor

general term used when it is not necessary to state whether reference is made to an element, a unit or a capacitor bank

¹⁾ To be published.

1.3.5

installation de condensateurs

ensemble de condensateurs unitaires et de leurs accessoires, destiné à la connexion à un réseau

1.3.6

condensateur pour électronique de puissance

condensateur de puissance destiné à être utilisé dans un matériel électronique de puissance et capable de fonctionner de façon continue pour un courant et une tension sinusoïdaux ou non

1.3.7

condensateur à feuille métallique (non autorégénérateur)

condensateur dont les électrodes sont généralement constituées de feuilles métalliques séparées par un diélectrique; en cas de claquage du diélectrique, le condensateur ne se rétablit pas

1.3.8

condensateur à diélectrique métallisé autorégénérateur

condensateur dont les électrodes sont métallisées (généralement par évaporation); en cas de claquage du diélectrique, le condensateur se rétablit

1.3.9

condensateur pour courant alternatif

condensateur essentiellement conçu pour fonctionner sous tension alternative

NOTE – Il est admis d'utiliser les condensateurs pour courant alternatif avec une tension continue atteignant la tension assignée seulement avec l'autorisation du constructeur du condensateur.

1.3.10

condensateur pour courant continu

condensateur essentiellement conçu pour fonctionner sous tension continue

NOTE – Il est admis d'utiliser les condensateurs pour courant continu sous une tension alternative spécifiée uniquement si le constructeur du condensateur l'autorise.

1.3.11

condensateur modèle

unité réduite simulant une unité ou un élément complet lors d'un essai électrique, sans diminuer la sévérité des conditions électriques, thermiques ou mécaniques

NOTE – Il est recommandé de toujours considérer la somme combinée des contraintes, par exemple la somme des contraintes de température, de conditions mécaniques et électriques.

1.3.12

coupe-circuit (élément) interne

dispositif intégré dans le condensateur déconnectant un élément ou un groupe d'éléments en cas de claquage

1.3.13

dispositifs à surpression

1.3.13.1

sectionneur à surpression

dispositif de déconnexion placé à l'intérieur du condensateur, destiné à interrompre le passage du courant en cas de défaut du condensateur

1.3.5**capacitor equipment**

assembly of capacitor units and their accessories intended for connection to a network

1.3.6**capacitor for power electronics**

power capacitor intended to be used in power electronic equipment and capable of operating continuously under sinusoidal and non sinusoidal current and voltage

1.3.7**metal-foil capacitor (non self-healing)**

capacitor in which the electrodes usually consist of metal foils separated by a dielectric, in the event of a breakdown of the dielectric; the capacitor does not restore itself

1.3.8**self-healing metallized dielectric capacitor**

capacitor, the electrodes of which are metallized (usually by evaporation); in the event of dielectric breakdown, the capacitor restores itself

1.3.9**a.c. capacitor**

capacitor essentially designed for operation with alternating voltage

NOTE – AC capacitors may be used with d.c. voltage up to the rated voltage only when authorized by the capacitor manufacturer.

1.3.10**d.c. capacitor**

capacitor essentially designed for operation with direct voltage

NOTE – DC capacitors may be used with a specified a.c. voltage only where authorized by the capacitor manufacturer.

1.3.11**model capacitor**

smaller unit which simulates a complete unit or element in an electrical test, without reducing the severity of the electrical, thermal or mechanical conditions

NOTE – The combined sum of stresses should always be considered, for instance the sum of temperature, mechanical conditions and electrical stresses.

1.3.12**internal (element) fuse**

device incorporated in the capacitor which disconnects an element or a group of elements in the event of breakdown

1.3.13**overpressure devices****1.3.13.1****overpressure disconnecter**

disconnecting device inside a capacitor, designed to interrupt the current path in case of capacitor failure

1.3.13.2

détecteur de surpression

dispositif conçu pour détecter une augmentation anormale de la pression interne par un/une signal/coupure électrique et qui interrompt indirectement le passage du courant

1.3.14

dispositif de décharge interne

dispositif incorporé dans le condensateur raccordé entre les bornes de l'unité, capable de réduire la tension résiduelle effectivement à zéro après que le condensateur a été déconnecté du réseau d'alimentation

1.3.15

tension alternative assignée (U_N)

tension récurrente de crête maximale en fonctionnement de l'une ou l'autre des polarités, présentant une forme d'onde d'inversion pour laquelle le condensateur a été conçu

NOTE 1 – La forme d'onde peut être variée. Des exemples sont donnés dans l'annexe A.

NOTE 2 – Il est admis que la valeur moyenne de la forme d'onde soit positive ou négative.

NOTE 3 – Il est important de noter que la tension alternative assignée n'est pas une valeur efficace.

NOTE 4 – Les définitions utilisées dans la présente norme peuvent différer de celles de la CEI 60077-1.

1.3.16

tension continue assignée (U_{NDC})

tension de crête maximale en fonctionnement de l'une ou l'autre des polarités mais présentant une forme d'onde sans inversion, pour laquelle le condensateur a été conçu, en vue d'un fonctionnement continu

Les condensateurs d'amortissement, pour thyristors blocables par la gâchette (GTO), peuvent être considérés comme des condensateurs pour courant continu avec une tension d'ondulation égale à la tension continue assignée $U_{NDC} = U_r$

Dans le cas d'une tension d'inversion, il convient que l'utilisation fasse l'objet d'un accord entre le client et le constructeur.

NOTE – Si la tension d'inversion est faible (moins de 10 %), on peut considérer qu'il n'y a plus d'inversion de la forme d'onde. Il est recommandé pour les essais d'augmenter U_{NDC} et U_r de la tension d'inversion U_i .

1.3.17

tension d'ondulation (U_r)

composante alternative crête-à-crête de la tension unidirectionnelle

1.3.18

tension de choc non récurrente (U_s)

tension de crête provoquée par une commutation ou toute autre perturbation du système, autorisée pour un nombre de fois limité et pendant des durées inférieures à la période de base

1.3.19

tension d'isolement (U_i)

valeur efficace de l'onde sinusoïdale de tension conçue pour l'isolement des bornes des condensateurs par rapport au boîtier ou à la terre. En l'absence de spécification, la valeur efficace de la tension d'isolement est équivalente à la tension assignée divisée par $\sqrt{2}$

1.3.20

courant de crête maximal ($\hat{I}$)

courant de crête maximal pouvant survenir en fonctionnement continu

1.3.13.2**overpressure detector**

device designed to detect abnormal increase of the internal pressure by an electrical switch/signal and indirectly interrupt the current path

1.3.14**internal discharge device**

device incorporated in the capacitor connected between the terminals of the unit, capable of reducing the residual voltage effectively to zero after the capacitor has been disconnected from the supply

1.3.15**rated a.c. voltage (U_N)**

maximum operating peak recurrent voltage of either polarity of a reversing type waveform for which the capacitor has been designed

NOTE 1 – The waveform can have many shapes. Examples are given in annex A.

NOTE 2 – The mean value of the waveform may be positive or negative.

NOTE 3 – It is important to note that the rated a.c. voltage is not an r.m.s. value.

NOTE 4 – Definitions used in this standard can be different from those of IEC 60077-1.

1.3.16**rated d.c. voltage (U_{NDC})**

maximum operating peak voltage of either polarity but of a non-reversing type waveform, for which the capacitor has been designed, for continuous operation

Damping capacitors, for gate turn-off thyristor (GTO) can be regarded as d.c. capacitors with a ripple voltage equal to the rated d.c. voltage $U_{NDC} \approx U_r$.

In the case of reversal voltage, the use should be agreed between purchaser and manufacturer.

NOTE – If the reversal voltage is small (less than 10 %), the voltage waveform can be considered to be not reversing. For test purposes, U_{NDC} and U_r should be increased by U_r , the reversal voltage.

1.3.17**ripple voltage (U_r)**

peak-to-peak alternating component of the unidirectional voltage

1.3.18**non-recurrent surge voltage (U_s)**

peak voltage induced by a switching or any other disturbance of the system which is allowed for a limited number of times and for durations shorter than the basic period

1.3.19**insulation voltage (U_i)**

r.m.s. value of the sine wave voltage designed for the insulation between terminals of capacitors to case or earth. If not specified, the r.m.s. value of the insulating voltage is equivalent to the rated voltage divided by $\sqrt{2}$

1.3.20**maximum peak current ($\hat{I}$)**

maximum peak current that can occur during continuous operation

1.3.21

courant maximal ($I_{\max}$)

courant efficace maximal en fonctionnement continu

1.3.22

courant de choc maximal (I_s)

courant de crête admissible provoqué par une commutation ou toute autre anomalie du système, autorisé un nombre de fois limité

1.3.23

fréquence des impulsions (f_p)

fréquence de répétition des impulsions de courant périodique

1.3.24

largeur d'impulsion de courant (τ)

durée du passage du courant durant la charge ou la décharge d'une valeur de tension à une autre au niveau du condensateur

NOTE – Des exemples de formes de courant d'impulsion sont donnés dans l'annexe A

1.3.25

fréquence de résonance (f_r)

fréquence la plus basse pour laquelle l'impédance du condensateur est minimale

1.3.26

cycle de service

1.3.26.1

service continu

durée de fonctionnement telle qu'un condensateur soit en équilibre thermique la plupart du temps

1.3.26.2

service intermittent

fonctionnement discontinu avec des charges variables qu'il convient de décrire en termes de périodes MARCHE/ARRÊT ou ÉLEVÉ/FAIBLE accompagnées de leur durée

1.3.27

température de fonctionnement

température du point le plus chaud sur le boîtier du condensateur en équilibre thermique

1.3.28

température minimale de fonctionnement ($\theta_{\min}$)

température minimale à laquelle il est permis d'alimenter le condensateur

1.3.29

échauffement de l'enveloppe ($\Delta\theta_{\text{case}}$)

différence entre la température du point le plus chaud de l'enveloppe et la température de l'air de refroidissement

1.3.30

température de l'air de refroidissement (θ_{amb})

température de l'air de refroidissement mesurée au niveau du point le plus chaud du condensateur, dans des conditions de régime établi, à mi-chemin entre deux unités

Si une seule unité est impliquée, il s'agit de la température mesurée au niveau du point situé approximativement à 0,1 m de l'enveloppe du condensateur et aux deux tiers de la hauteur de sa base.

1.3.21**maximum current ($I_{\max}$)**

maximum r.m.s. current for continuous operation

1.3.22**maximum surge current (I_s)**

admissible peak current induced by switching or any other disturbance of the system which is allowed for a limited number of times

1.3.23**pulse frequency (f_p)**

repetition rate of periodic current pulses

1.3.24**current pulse width (τ)**

time of current flow during charging or discharging from one voltage value to another, of the capacitor

NOTE – Pulse current waveform examples are shown in annex A.

1.3.25**resonance frequency (f_r)**

lowest frequency at which the impedance of the capacitor becomes minimum

1.3.26**duty cycle****1.3.26.1****continuous duty**

operation time such that a capacitor is at thermal equilibrium for most of the time

1.3.26.2**Intermittent duty**

discontinuous working or operation with variable loads which should be described in terms of ON/OFF or HIGH/LOW periods with their durations

1.3.27**operating temperature**

temperature of the hottest point on the case of the capacitor when in thermal equilibrium

1.3.28**lowest operating temperature ($\theta_{\min}$)**

lowest temperature at which the capacitor may be energized

1.3.29**container temperature rise ($\Delta\theta_{\text{case}}$)**

difference between the temperature of the hottest point of the container and the temperature of the cooling air

1.3.30**cooling-air temperature (θ_{amb})**

temperature of the cooling air measured at the hottest position of the capacitor, under steady-state conditions, midway between two units

If only one unit is involved, it is the temperature measured at a point approximately 0,1 m away from the capacitor container and at two-thirds of the height from its base.

1.3.31

température maximale de fonctionnement ($\theta_{\max}$)

température maximale du boîtier à laquelle il est admis de faire fonctionner le condensateur

1.3.32

conditions de régime établi

équilibre thermique atteint par le condensateur pour une puissance et une température d'air de refroidissement constantes

1.3.33

pertes du condensateur

puissance active consommée par un condensateur

NOTE – Sauf spécification contraire, il est considéré que les pertes du condensateur incluent les pertes au niveau des coupe-circuit et des résistances de décharge faisant partie intégrante du condensateur

A fréquence élevée, les pertes du condensateur sont principalement dues aux pertes au niveau des connexions, des contacts et des électrodes.

1.3.34

tangente de l'angle de perte ($\tan \delta$) d'un condensateur

rapport entre la résistance-série équivalente et la réactance capacitive d'un condensateur dans des conditions spécifiées de fréquence et de tension alternative sinusoïdales

1.3.35

résistance-série équivalente d'un condensateur

résistance effective qui, connectée en série avec un condensateur idéal de capacité égale à celle du condensateur considéré, occasionnerait des pertes égales à la puissance active absorbée par le condensateur, dans des conditions de fonctionnement spécifiées

1.3.36

perte maximale en puissance ($P_{\max}$)

perte maximale en puissance avec laquelle il est admis de charger le condensateur à la température maximale de boîtier

1.3.37

fréquence maximale pour perte de puissance et courant maximaux (f_2)

fréquence à laquelle le courant maximum ($I_{\max}$) produit la perte de puissance maximum ($P_{\max}$) dans le condensateur

1.4 Conditions de service

NOTE – Voir la CEI 60077-1.

1.4.1 Conditions de service normales

La présente norme donne des prescriptions relatives aux condensateurs destinés à être utilisés dans les conditions données ci-dessous:

1.4.1.1 Altitude

Ne dépassant pas 1 200 m.

NOTE – Il convient de tenir compte de l'effet de l'altitude sur le refroidissement par convection et l'isolation externe, si l'altitude dépasse 1 200 m.

1.4.1.2 Température

Les températures climatiques ambiantes sont dérivées de la classe 5k2 de la CEI 60721-3-5 présentant une gamme de $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ à $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$.

1.3.31**maximum operating temperature ($\theta_{\max}$)**

highest temperature of the case at which the capacitor may be operated

1.3.32**steady-state conditions**

thermal equilibrium attained by the capacitor at constant output and at constant cooling-air temperature

1.3.33**capacitor losses**

active power consumed by a capacitor

NOTE – Unless otherwise stated, the capacitor losses are understood to include losses in fuses and discharge resistors forming an integral part of the capacitor.

At high frequency, the capacitor losses are predominantly due to losses in connections, contacts and electrodes.

1.3.34**tangent of the loss angle ($\tan \delta$) of a capacitor**

ratio between the equivalent series resistance and the capacitive reactance of a capacitor at a specified sinusoidal alternating voltage and frequency

1.3.35**equivalent series resistance of a capacitor**

effective resistance which, if connected in series with an ideal capacitor of capacitance value equal to that of the capacitor in question, would have a power loss equal to active power dissipated in that capacitor under specified operating conditions

1.3.36**maximum power loss ($P_{\max}$)**

maximum power loss with which the capacitor may be loaded at the maximum case temperature

1.3.37**maximum frequency for maximum power loss and maximum current (f_2)**

frequency at which the maximum current ($I_{\max}$) produces the maximum power loss ($P_{\max}$) in the capacitor

1.4 Service conditions

NOTE – See IEC 60077-1.

1.4.1 Normal service conditions

This standard gives requirements for capacitors intended for use in the following conditions:

1.4.1.1 Altitude

Not exceeding 1 200 m.

NOTE – The effect of altitude on convection cooling and external insulation should be taken into consideration, if the altitude exceeds 1 200 m.

1.4.1.2 Temperature

The climatic ambient temperatures are derived from IEC 60721-3-5 class 5k2 which has a range from $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ to $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Lorsque la température ambiante se situe en-dehors de cette gamme, elle doit faire l'objet d'un accord entre l'utilisateur et le constructeur.

La limite supérieure de température du boîtier $\theta_{\max}$ à laquelle il est permis de faire fonctionner le condensateur doit être choisie parmi les valeurs suivantes: 55 °C, 70 °C et 85 °C.

1.4.1.3 Température de fonctionnement avec ventilation forcée

Si des condensateurs sont destinés à un refroidissement forcé avec un agent liquide, les conditions de température de fonctionnement spécifiées en 1.4.1.2 doivent être observées.

Le tableau 1 suivant, indiquant les températures privilégiées pour le liquide de refroidissement, doit être appliqué.

Tableau 1 – Température maximale de l'agent de refroidissement pendant une durée illimitée

Température d'entrée °C	Température de sortie °C
35	40
45	50
55	60

On admet que la température d'entrée la plus basse du liquide de refroidissement soit de –25 °C.

Il existe deux méthodes pour spécifier la limite supérieure de température de l'agent de refroidissement en utilisant soit la température d'entrée, soit la température de sortie.

Sauf spécification contraire, le choix de la méthode doit être laissé au constructeur du condensateur.

Pour la méthode d'entrée, le flux de l'agent de refroidissement doit être spécifié.

1.4.2 Conditions de service inhabituelles

La présente norme ne s'applique pas aux condensateurs présentant des conditions de service généralement incompatibles avec ses prescriptions, sauf si un accord particulier a été passé entre le constructeur et l'acheteur.

Des conditions de service inhabituelles nécessitent des mesures supplémentaires qui assurent le respect des conditions de la présente norme, même dans ces conditions de service inhabituelles.

Where ambient temperature lies outside this range, it shall be agreed between the user and the manufacturer.

The upper limit of case temperature $\theta_{\max}$ at which the capacitor may be operated, shall be chosen among the values 55 °C, 70 °C and 85 °C.

1.4.1.3 Operating temperature with forced ventilation

If capacitors are intended for forced cooling with a fluid medium, the operating temperature conditions specified in 1.4.1.2 shall be observed.

The following table 1 of preferred temperatures of cooling fluid shall be applied.

Table 1 – Maximum temperature of cooling medium for unlimited time

Inlet temperature °C	Outlet temperature °C
35	40
45	50
55	60

The lowest inlet temperature for the cooling fluid may be –25 °C.

There are two methods of specifying the upper temperature limit of the cooling medium using either the inlet temperature or the outlet temperature.

Unless otherwise agreed, the choice of method shall be left to the capacitor manufacturer.

For the inlet method, the flow of cooling medium shall be specified.

1.4.2 Unusual service conditions

This standard does not apply to capacitors, whose service conditions are such as to be in general incompatible with its requirements, unless otherwise agreed between the manufacturer and the purchaser.

Unusual service conditions require additional measurements, which ensure that the conditions of this standard are complied with even under these unusual service conditions.

2 Exigences de qualité et essais

2.1 Prescriptions d'essai

2.1.1 Généralités

Le présent paragraphe indique les prescriptions d'essai relatives aux condensateurs unitaires.

2.1.2 Conditions d'essai

Sauf spécification contraire en cas de mesure ou d'essai particulier, la température du diélectrique du condensateur doit être comprise entre +5 °C et +35 °C.

Si des corrections sont nécessaires, la température de référence doit être de +20 °C, sauf s'il en a été convenu autrement par le constructeur et l'acheteur.

NOTE – Il est permis de présumer que la température du diélectrique est identique à la température ambiante, à condition que le condensateur ait été maintenu dans un état non alimenté à une température ambiante constante pendant une période adéquate afin d'atteindre l'équilibre thermique.

Les essais et mesures en courant alternatif doivent être réalisés avec une tension sinusoïdale de 50 Hz ou 60 Hz sauf spécification contraire.

2.2 Classification des essais

Les essais sont classés de la façon suivante:

2.2.1 Essais de série

Les essais de série sont les suivants:

- a) examen externe (2.14.2);
- b) essai de tension entre bornes (2.5.2);
- c) essai de tension entre bornes et boîtier (2.6.1);
- d) mesures de capacité et de $\tan \delta$ (2.3);
- e) essai de dispositif de décharge interne (2.7);
- f) essai d'étanchéité (2.8).

Les essais de série doivent être réalisés par le constructeur sur chaque condensateur avant la livraison.

Sur sa demande, l'acheteur doit recevoir un certificat détaillant les résultats de ce type d'essais.

La séquence d'essais suit la séquence indiquée.

2.2.2 Essais de type

Sauf spécification contraire, chaque échantillon de condensateur destiné à subir un essai de type doit avoir d'abord subi avec succès l'application de tous les essais de série.

Les essais de type sont les suivants:

- a) essais mécaniques (2.14);
- b) essai de tension entre bornes (2.5.3);
- c) essai de tension entre bornes et boîtier (2.6.2);
- d) essai de tension de choc (2.9);

2 Quality requirements and tests

2.1 Test requirements

2.1.1 General

This subclause gives the test requirements for capacitor units.

2.1.2 Test conditions

Unless otherwise specified for a particular test or measurement, the temperature of the capacitor dielectric shall be in the +5 °C to +35 °C range.

If corrections are necessary, the reference temperature shall be +20 °C, unless otherwise agreed between the manufacturer and the purchaser.

NOTE – It may be assumed that the dielectric temperature is the same as the ambient temperature, provided that the capacitor has been left in an unenergized state, in a constant ambient temperature, for an adequate period of time in order to reach thermal equilibrium.

The a.c. tests and measurements shall be carried out with a sinusoidal voltage of 50 Hz or 60 Hz, unless otherwise specified.

2.2 Classification of tests

The test are classified as follows:

2.2.1 Routine tests

Routine tests are the following:

- a) external inspection (2.14.2);
- b) voltage test between terminals (2.5.2);
- c) voltage test between terminals and case (2.6.1);
- d) capacitance and $\tan \delta$ measurements (2.3);
- e) test of internal discharge device (2.7);
- f) sealing test (2.8).

Routine tests shall be carried out by the manufacturer on every capacitor before delivery.

At his request, the purchaser shall be supplied with a certificate detailing the results of such tests.

The sequence of the tests is as indicated.

2.2.2 Type tests

Unless otherwise specified, every capacitor sample to which it is intended to apply the type test shall first have withstood satisfactorily the application of all the routine tests.

Type tests are the following:

- a) mechanical tests (2.14);
- b) voltage test between terminals (2.5.3);
- c) voltage test between terminals and case (2.6.2);
- d) surge discharge test (2.9);

- e) essai d'autorégénération (2.11);
- f) essais d'environnement (2.13); essais mécaniques (2.14);
- g) mesure de la tangente de l'angle de perte ($\tan \delta$) d'un condensateur (2.4);
- h) essai de stabilité thermique (2.10);
- i) essai de dispositif de décharge interne (2.7);
- j) mesure de la fréquence de résonance (2.12);
- k) essai d'endurance entre bornes (2.15);
- l) essai de déconnexion au niveau des coupe-circuit (2.17);
- m) essai destructif (2.16).

Les essais de type sont destinés à montrer le bien-fondé de la conception du condensateur et sa capacité à fonctionner d'après les considérations détaillées dans la présente norme.

Les essais de type doivent être réalisés par le constructeur, et l'acheteur doit, sur sa demande, recevoir un certificat détaillant les résultats de ces essais.

Ces essais doivent être réalisés sur un condensateur de conception identique à celle du condensateur faisant l'objet du contrat, ou sur un condensateur dont la conception donne au cours de l'essai des conditions d'essai identiques ou plus sévères.

Il n'est pas essentiel que tous les essais de type soient réalisés sur le même échantillon de condensateur.

2.2.3 Essais d'acceptation

Il est admis que les essais de série et/ou de type, ou certains d'entre eux, soient réalisés par le constructeur après accord avec l'acheteur.

Le nombre d'échantillons susceptibles d'être soumis à ces essais répétés, ainsi que les critères d'acceptation et l'autorisation de livrer ces unités doivent faire l'objet d'un accord entre le constructeur et l'acheteur, et doivent être indiqués dans le contrat.

2.3 Mesures de la capacité et de la tangente $\tan \delta$ (essai de série)

2.3.1 Procédure de mesure

La capacité et la tangente δ doivent être mesurées pour une tension et une fréquence choisies par le constructeur.

La méthode utilisée ne doit inclure aucune erreur due à des harmoniques ou des accessoires extérieurs au condensateur à mesurer, tels que des bobines d'inductance et des circuits de blocage dans le circuit de mesure.

La précision de la méthode de mesure doit être indiquée et doit être supérieure à 0,2 %, pour la capacité, et à 10 % pour $\tan \delta$, sans toutefois nécessairement dépasser 1×10^{-4} si la mesure est réalisée à 50-60 Hz.

La mesure de la capacité doit être réalisée après l'essai de tension entre bornes (voir 2.5).

Pour les condensateurs dotés de coupe-circuit internes, la mesure de la capacité doit également être effectuée avant les essais de tension.

- e) self-healing test (2.11);
- f) environmental testing (2.13); mechanical testing (2.14);
- g) capacitor tangent of the loss angle ($\tan \delta$) measurement (2.4);
- h) thermal stability test (2.10);
- i) test of internal discharge device (2.7);
- j) resonance frequency measurement (2.12);
- k) endurance test between terminals (2.15);
- l) disconnection test on fuses (2.17);
- m) destruction test (2.16).

Type tests are intended to prove the soundness of the design of the capacitor and its suitability for operation under the considerations detailed in this standard.

The type tests shall be carried out by the manufacturer, and the purchaser shall, on request, be supplied with a certificate, detailing the results of such tests.

These tests shall be made upon a capacitor of a design identical to that of the capacitor under contract, or on a capacitor of a design that gives during the test the same or more severe test conditions.

It is not essential that all type tests be carried out on the same capacitor sample.

2.2.3 Acceptance tests

The routine and/or type test, or some of them, may be carried out by the manufacturer, on agreement with the purchaser.

The number of samples that may be subjected to such repeat tests, the acceptance criteria, as well as permission to deliver any of these units shall be subject to agreement between the manufacturer and the purchaser, and shall be stated in the contract.

2.3 Capacitance and $\tan \delta$ measurements (routine test)

2.3.1 Measuring procedure

The capacitance and $\tan \delta$ shall be measured at a voltage and at a frequency chosen by the manufacturer.

The method used shall not include errors due to harmonics or to accessories external to the capacitor to be measured, such as reactors and blocking circuits in the measuring circuit.

The accuracy of the measuring method shall be given and shall be better than 0,2 % for capacitance and 10 % for $\tan \delta$ but not necessarily better than 1×10^{-4} if the measurement is made at 50-60 Hz.

The capacitance measurement shall be carried out after the voltage test between terminals (see 2.5).

For capacitors with internal fuses, capacitance measurement shall also be made before the voltage tests.

2.3.2 Tolérances de capacité

Sauf spécification contraire, la capacité mesurée ne doit pas différer de la capacité assignée de plus de –10 % à +10 %.

2.3.3 Prescriptions de perte ($\tan \delta$)

On admet que les prescriptions relatives aux pertes du condensateur fassent l'objet d'un accord entre le constructeur et l'acheteur.

NOTE – Il convient que le constructeur, après accord, fournisse des courbes et des tableaux indiquant les pertes du condensateur dans des conditions de régime établi, à la puissance assignée, en fonction de la température ambiante selon la catégorie de température.

2.4 Mesure de la tangente de perte ($\tan \delta$) du condensateur (essai de type)

2.4.1 Mesures

Les mesures suivantes doivent être réalisées:

2.4.1.1 Condensateurs pour courant alternatif

Les pertes du condensateur ($\tan \delta$) doivent être mesurées à la fin de l'essai de stabilité thermique (voir 2.10). La tension de mesure doit être celle de l'essai de stabilité thermique à une fréquence comprise entre 50 Hz et 120 Hz.

2.4.1.2 Condensateurs pour courant continu

La mesure doit être réalisée avec une fréquence comprise entre 50 Hz et 60 Hz à la tension d'ondulation (U_r) divisée par $2\sqrt{2}$.

NOTE – Les pertes dans les électrodes, les connexions, les sorties et les bornes sont fonction de la fréquence et peuvent être calculées.

2.4.2 Prescriptions de perte

La valeur de $\tan \delta$ mesurée conformément à 2.4.1 ne doit pas dépasser la valeur déclarée par le constructeur, ou la valeur convenue entre le constructeur et l'acheteur.

2.5 Essai de tension entre bornes

2.5.1 Généralités

Les essais doivent être réalisés conformément au tableau 2.

Tableau 2 – Tension d'essai entre bornes

	Condensateurs pour courant alternatif		Condensateurs pour courant continu	
	Non autorégénérateur	Autorégénérateur	Non autorégénérateur	Autorégénérateur
Valeur efficace de la tension d'essai alternative	1,5 U_N	1,25 U_N	–	–
Tension d'essai continue	2,15 U_N	1,75 U_N	2 U_N	1,5 U_N

2.3.2 Capacitance tolerances

If not otherwise specified, the capacitance measured shall not differ from the rated capacitance by more than –10 % to +10 %.

2.3.3 Loss requirements ($\tan \delta$)

The requirements regarding capacitor losses may be agreed upon between the manufacturer and the purchaser.

NOTE – The manufacturer should, on agreement, furnish curves or tables showing the capacitor losses under steady-state conditions at rated output as a function of ambient temperature within the temperature category.

2.4 Capacitor loss tangent ($\tan \delta$) measurement (type test)

2.4.1 Measurements

The following measurements shall be made:

2.4.1.1 AC capacitors

The capacitor losses ($\tan \delta$) shall be measured at the end of the thermal stability test (see 2.10). The measuring voltage shall be that of the thermal stability test at a frequency in the range of 50 Hz to 120 Hz.

2.4.1.2 DC capacitors

The measurement shall be carried out at a frequency in the range of 50 Hz to 60 Hz at the ripple voltage (U_r) divided by $2\sqrt{2}$.

NOTE – The losses in the electrodes, connections, leads and terminals are functions of the frequency and can be calculated.

2.4.2 Loss requirements

The value of $\tan \delta$ measured in accordance with 2.4.1 shall not exceed the value declared by the manufacturer, or the value agreed upon between the manufacturer and the purchaser.

2.5 Voltage test between terminals

2.5.1 General

Tests shall be carried out according to the following table 2.

Table 2 – Test voltage between terminals

	AC capacitors		DC capacitors	
	Non-self-healing	Self-healing	Non-self-healing	Self-healing
AC test voltage r.m.s. value	$1,5 U_N$	$1,25 U_N$	–	–
DC test voltage	$2,15 U_N$	$1,75 U_N$	$2 U_N$	$1,5 U_N$

La tension d'essai indiquée dans le tableau 2 peut être réduite si les condensateurs sont destinés à un service intermittent (voir 1.3.26) ou à une durée de fonctionnement réduite; les nouvelles valeurs doivent faire l'objet d'un accord entre le constructeur et l'acheteur. Pour les condensateurs directement connectés à la ligne d'alimentation, la tension d'essai entre bornes peut être augmentée après accord entre constructeur et acheteur.

NOTE 1 – Il est permis de réduire la durée à 2 s à condition d'augmenter la tension de 10 %.

NOTE 2 – Il est admis que la tension d'essai alternative soit à 50 Hz ou 60 Hz.

2.5.2 Essai de série

Chaque condensateur doit être soumis, pendant 10 s, à l'un des essais de 2.5.1 à la température ambiante. Le choix dépend du constructeur. Durant l'essai, aucune perforation ni aucun contournement ne doit se produire.

Des claquages autorégénérateurs sont admis.

Dans le cas d'unités dont tous les éléments sont en parallèle, le fonctionnement d'un ou plusieurs coupe-circuit internes est admis, à condition que les tolérances de capacité soient toujours respectées.

NOTE – Si nécessaire, cet essai peut être renouvelé une seule fois.

2.5.3 Essai de type

Le condensateur doit être soumis pendant 1 min à celui des essais de 2.5.1 pour lequel la température est maximale.

Le choix est laissé au constructeur.

Après l'essai de tension entre les bornes on doit mesurer la capacité et $\tan \delta$.

2.6 Essai de tension alternative entre bornes et boîtier

2.6.1 Essai individuel de série

Les unités dont toutes les bornes sont isolées de l'enveloppe doivent être soumises pendant 10 s à une tension appliquée entre les bornes (reliées entre elles) et l'enveloppe.

Les valeurs de la tension d'essai sont les suivantes:

$$U_{\text{t, boîtier}} = 2 U_i + 1\,000 \text{ V ou } 2\,000 \text{ V en choisissant la valeur la plus élevée,}$$

où U_i représente la tension d'isolement.

La tension d'isolement du condensateur doit être spécifiée par l'utilisateur. La tension d'isolement est égale à la tension assignée du condensateur, divisée par $\sqrt{2}$, sauf spécification contraire.

Au cours de l'essai, aucune perforation ni aucun contournement ne doit se produire. L'essai doit être réalisé même si l'une des bornes est destinée à être connectée à l'enveloppe en service.

Les unités dont une borne est connectée en permanence à l'enveloppe ne doivent pas être soumises à cet essai.

NOTE 1 – Si le condensateur (à enveloppe métallique) est équipé d'un détecteur de surpression externe, il convient que les bornes du détecteur soient reliées entre elles et connectées à l'enveloppe.

NOTE 2 – Il convient que l'essai de tension entre le détecteur de surpression et l'enveloppe fasse l'objet d'un accord entre l'acheteur et le constructeur.

NOTE 3 – Si nécessaire, cet essai peut être renouvelé une seule fois.

The test voltage indicated in table 2 can be reduced if capacitors are intended for intermittent duty (see 1.3.26) or for short service duration; the new values shall be agreed upon between the manufacturer and the purchaser. For capacitors directly connected to the line supply, the test voltage between terminals may be increased on agreement between the manufacturer and the purchaser.

NOTE 1 – The duration may be reduced to 2 s provided the voltage is increased by 10 %.

NOTE 2 – The a.c. test voltage may be at 50 Hz or 60 Hz.

2.5.2 Routine test

Every capacitor shall be subjected for 10 s to either test of 2.5.1 at ambient temperature. The choice is left to the manufacturer. During the test, neither puncture nor flashover shall occur.

Self-healing breakdowns are permitted.

In the case of units with all elements in parallel, operation of internal element fuse(s) is permitted, provided the capacitance tolerances are still met.

NOTE – If necessary, this test can be repeated one more time only.

2.5.3 Type test

The capacitor shall be subjected for 1 min to either test of 2.5.1 at maximum case temperature.

The choice is left to the manufacturer.

After the test voltage between terminals the capacitance and $\tan \delta$ shall be measured.

2.6 AC voltage test between terminals and case

2.6.1 Routine test

Units having all terminals insulated from the container shall be subjected for 10 s to a voltage applied between the terminals (joined together) and the container.

The test voltage values are the following:

$$U_{t, \text{case}} = 2 U_i + 1\,000 \text{ V or } 2\,000 \text{ V whichever is the highest value,}$$

where U_i is the insulation voltage.

The insulating voltage of the capacitor shall be specified by the user. The insulation voltage is equal to the rated voltage of the capacitor, divided by $\sqrt{2}$, unless otherwise specified.

During the test, neither puncture nor flashover shall occur. The test shall be performed even if one of the terminals is intended to be connected to the container in service.

Units having one terminal permanently connected to the container shall not be subjected to this test.

NOTE 1 – If the capacitor (with metal container) is equipped with an external overpressure detector, the terminals of the detector should be joined together and connected to the container.

NOTE 2 – The voltage test between the overpressure detector and the container should be agreed between purchaser and manufacturer.

NOTE 3 – If necessary this test can be repeated once again only.

2.6.2 Essai de type

Les unités dont toutes les bornes sont isolées de l'enveloppe doivent être soumises à un essai conformément à 2.6.1 avec la même valeur de tension, mais pendant une durée de 1 min. Pour les condensateurs directement connectés à la ligne d'alimentation, la tension d'essai peut être augmentée après accord entre constructeur et acheteur.

Les condensateurs à enveloppe isolante doivent être étroitement enveloppés dans une feuille métallique durant l'essai.

2.7 Essai de dispositif de décharge interne

La résistance du dispositif de décharge interne, le cas échéant, doit être vérifiée soit par une mesure de résistance, soit par une mesure du taux d'autodécharge.

L'essai doit être réalisé après les essais de tension de 2.5.

2.8 Essai d'étanchéité

Les condensateurs unitaires non alimentés doivent être chauffés à une température uniforme correspondant au moins à leur température de fonctionnement maximale plus 5 °C et ils doivent être maintenus à cette température pendant une durée au moins triple de la constante thermique, mais de 2 h au minimum.

Aucune fuite ne doit survenir. Il est recommandé d'utiliser un indicateur adapté.

La source de fuite du condensateur doit être détectable par inspection visuelle.

La position d'essai de l'unité de condensateurs doit être définie après accord entre le constructeur et l'acheteur en prenant en compte sa position usuelle.

NOTE – Si le condensateur ne comporte aucun matériau liquide, le choix de la méthode d'essai est laissé au constructeur, et il convient que celle-ci soit réalisée par échantillonnage.

2.9 Essai de tension de choc

Les unités doivent être chargées au moyen d'une source de courant continu, puis déchargées dans un éclateur situé le plus près possible du condensateur. Elles doivent être soumises à cinq décharges de ce type dans un intervalle de 10 min.

La tension d'essai doit être égale à $1,1 U_N$.

Dans les 5 min suivant l'essai, les unités doivent être soumises à un essai de tension entre bornes (voir 2.5).

La capacité doit être mesurée avant l'essai de décharge et après l'essai de tension.

La mesure ne doit pas présenter de différence supérieure à celle correspondant au claquage d'un élément ou au déclenchement d'un coupe-circuit interne.

Pour les condensateurs autorégénérateurs, la variation de capacité doit être inférieure à $\pm 1 \%$.

La formule suivante doit être vérifiée: $\tan \delta \leq 1,2 \times \tan \delta_0 + 1 \times 10^{-4}$.

Tan δ est la valeur après l'essai, tan δ_0 avant l'essai.

2.6.2 Type test

Units having all terminals insulated from the container shall be subjected to a test according to 2.6.1 with the same voltage value, but with a duration of 1 min. For capacitors directly connected to the line supply, the test voltage may be increased on agreement between the manufacturer and the purchaser.

Capacitors with insulating container shall have a metal foil tightly wrapped all around them during the test.

2.7 Test of internal discharge device

The resistance of the internal discharge device, if any, shall be checked either by resistance measurement or by measuring the self-discharge rate.

The test shall be made after the voltage tests of 2.5.

2.8 Sealing test

Unenergized capacitor units shall be heated to a uniform temperature of at least their maximum operating temperature plus 5 °C and shall be maintained at this temperature for at least three times the thermal constant, but not less than 2 h.

No leakage shall occur. It is recommended that a suitable indicator be used.

Leakage source of the capacitor shall be detectable by visual inspection.

The test position of the capacitor unit shall be defined on agreement between the manufacturer and the purchaser, taking into account the use position of the device.

NOTE – If the capacitor contains no liquid materials, the choice of the test method is left to the manufacturer and should be carried out by sampling.

2.9 Surge discharge test

The units shall be charged by means of a d.c. source and then discharged through a spark gap situated as close as possible to the capacitor. They shall be subjected to five such discharges within 10 min.

The test voltage shall be equal to $1,1 U_N$.

Within 5 min after this test, the units shall be subjected to a voltage test between terminals (see 2.5).

The capacitance shall be measured before the discharge test and after the voltage test.

The measurement shall not differ more than an amount corresponding either to breakdown of an element or to blowing of an internal fuse.

For self-healing capacitors, the change of capacitance shall be less than $\pm 1 \%$.

The following formula shall be checked: $\tan \delta \leq 1,2 \times \tan \delta_0 + 1 \times 10^{-4}$.

$\tan \delta$ is the value after the test, $\tan \delta_0$ before the test.

Si l'on spécifie cependant un courant de choc maximum, le courant de décharge doit être adapté en modifiant la tension de charge et l'impédance du circuit de décharge selon une valeur de

$$\hat{I}_{\text{essai}} = 1,4 \hat{I}_s$$

2.10 Essai de stabilité thermique

2.10.1 Généralités

Cet essai est réalisé à la fois sur les condensateurs pour courant alternatif et sur ceux pour courant continu, et il fournit les informations suivantes sur les condensateurs qui y sont soumis:

- a) il détermine la stabilité thermique du condensateur dans des conditions de surcharge;
- b) il conditionne le condensateur afin de permettre une mesure reproductible des pertes.

2.10.2 Procédure de mesure

Un condensateur unitaire doit être placé dans une enceinte où doit régner une température de refroidissement correspondant

- a) pour un refroidissement naturel, à la valeur indiquée par le constructeur (θ_{amb}) + 5 °C;
- b) pour un refroidissement forcé, à la température de refroidissement en sortie spécifiée + 5 °C.

Après que toutes les parties du condensateur ont atteint la température de l'agent de refroidissement, le condensateur doit être soumis, pendant une période d'au moins 48 h, à une tension alternative de forme essentiellement sinusoïdale.

La valeur de la tension et de la fréquence doit être maintenue constante tout au long de l'essai.

Le courant doit être de $1,1 I_{\text{max}}$.

Les conditions d'alimentation sont celles indiquées dans l'annexe B avec une puissance = $1,21 P_{\text{max}}$.

Pendant 6 h au moins, la température du boîtier près du sommet doit être mesurée au moins quatre fois; durant toute cette période de 6 h, l'échauffement ne doit pas dépasser 1 °C.

Si l'on observe une variation plus importante, il est permis de poursuivre l'essai jusqu'à ce que la prescription ci-dessus soit satisfaite lors de quatre mesures consécutives pendant une période de 6 h.

Avant et après l'essai, la capacité doit être mesurée dans la gamme de températures définie en 2.1.2 pour les essais et les deux mesures doivent être corrigées en fonction de la même température de diélectrique.

La différence entre les deux mesures doit être inférieure à une valeur correspondant au claquage d'un élément ou au déclenchement d'un coupe-circuit interne. A la fin de cet essai, la mesure de $\tan \delta$ est réalisée (voir 2.4.1).

NOTE 1 – Lorsque l'on vérifie la conformité des pertes du condensateur ou des conditions de température, il convient de prendre en compte les variations de tension, de fréquence et de température de l'agent de refroidissement au cours de l'essai. Pour cette raison, il est recommandé d'effectuer un traçage de ces paramètres et de la température du boîtier en fonction du temps.

NOTE 2 – Il est permis de réaliser l'essai, après accord entre le constructeur et l'acheteur, avec une tension non sinusoïdale, à condition que les valeurs du courant et des pertes en puissance restent égales à $1,1 I_{\text{max}}$ et $1,2 P_{\text{max}}$.

If, however, a maximum surge current is specified, the discharge current shall be adjusted by variation of the charging voltage and the impedance of the discharge circuit to a value of:

$$\hat{I}_{\text{test}} = 1,4 \hat{I}_S$$

2.10 Thermal stability test

2.10.1 General

This test is performed on both a.c. and d.c. capacitors and provides the following information about the capacitors subjected to it:

- a) it determines the thermal stability of the capacitor under overload conditions;
- b) it conditions the capacitor to enable a reproducible loss measurement to be made.

2.10.2 Measuring procedure

One capacitor unit shall be placed in an enclosure where the cooling temperature shall be:

- a) for natural cooling, that indicated by the manufacturer $(\theta_{\text{amb}}) + 5^\circ\text{C}$;
- b) for forced cooling, the specified outlet cooling temperature $+ 5^\circ\text{C}$.

After all parts of the capacitor have attained the temperature of the cooling medium, the capacitor shall be subjected for a period of at least 48 h to an a.c. voltage of substantially sinusoidal form.

The value of the voltage and frequency shall be kept constant through the test.

The current shall be $1,1 I_{\text{max}}$.

The supply conditions are those indicated in annex B with the power $= 1,21 P_{\text{max}}$.

During at least 6 h, the temperature of the case near the top shall be measured at least four times; throughout this period of 6 h, the temperature rise shall not increase by more than 1°C .

Should a greater change be observed, the test may be continued until the above requirement is met for four consecutive measurements during a 6 h period.

Before and after the test, the capacitance shall be measured within the temperature range given in 2.1.2 for testing, and the two measurements shall be corrected to the same dielectric temperature.

The difference between the two measurements shall be less than an amount corresponding to either breakdown of an element or operation of an internal fuse. At the end of this test, the $\tan \delta$ measurement is performed (see 2.4.1).

NOTE 1 – When checking whether the capacitor losses or the temperature conditions are satisfied, fluctuations of voltage, frequency and cooling medium temperature during the test should be taken into account. For this reason, it is advisable to plot these parameters and the case temperature as a function of time.

NOTE 2 – The test may be performed, on agreement between the manufacturer and the purchaser, with a non-sinusoidal voltage, provided the values of current and power loss remain: $1,1 I_{\text{max}}$ and $1,2 P_{\text{max}}$.

2.11 Essai d'autorégénération

Il est permis de réaliser cet essai sur une unité complète, ou sur un élément séparé, ou sur un groupe d'éléments appartenant à l'unité, à condition que les éléments en essai soient identiques à ceux utilisés dans l'unité et que leurs conditions soient similaires à celles de l'unité. Le choix est laissé au constructeur.

Le condensateur ou l'élément doit être soumis pendant 10 s à une tension continue: 1,1 fois la tension non récurrente/de choc (U_S) ou la tension d'essai de série ($1,75 U_N$ pour les condensateurs à courant alternatif, $1,5 U_N$ pour les condensateurs à courant continu) en fonction de la valeur la plus élevée.

Si moins de cinq claquages surviennent durant cette période, la tension doit être augmentée lentement jusqu'à obtenir cinq claquages depuis le début de l'essai ou jusqu'à ce que la tension ait atteint 3,5 fois la tension assignée.

Si moins de cinq claquages sont survenus lorsque la tension a atteint $3,5 U_N$, il est permis de poursuivre l'essai jusqu'à obtenir cinq claquages en augmentant la tension et/ou la température et/ou le nombre de spécimens, ou d'interrompre l'essai et de le renouveler sur une autre unité identique, selon le choix du constructeur.

Avant et après l'essai, la capacité et $\tan \delta$ doivent être mesurées. Aucune variation de capacité égale ou supérieure à 0,5 % ne doit être autorisée.

La formule suivante doit être vérifiée: $\tan \delta \leq 1,1 \tan \delta_0 + 1 \times 10^{-4}$.

Tan δ est la valeur après l'essai, tan δ_0 avant l'essai.

2.12 Mesure de la fréquence de résonance

La fréquence de résonance doit être mesurée dans la gamme de températures indiquée en 2.1.2, en utilisant une méthode permettant de minimiser les erreurs dues aux connexions et accessoires.

Il est possible de choisir la méthode de mesure la plus adaptée, parmi les deux exemples indiqués dans l'annexe C.

Cette mesure n'est pas nécessaire pour toutes les applications.

NOTE – L'auto-inductance est calculée à partir de la fréquence de résonance et il convient que la valeur de l'auto-inductance ne dépasse pas la valeur ayant fait l'objet d'un accord entre constructeur et acheteur.

2.13 Essais d'environnement

2.13.1 Variation de température

L'essai de variation de température doit être réalisé conformément à l'essai Na ou Nb décrit dans la CEI 60068-2-14, après accord entre l'acheteur et le constructeur, selon les limites supérieures et inférieures de température du condensateur.

L'essai Nb doit être réalisé avec une période de transition d'environ 1 h ($1^\circ\text{C}/\text{min}$).

2.13.2 Chaleur humide en régime établi

L'essai à chaleur humide en régime établi (voir tableau 3) doit être réalisé conformément à la CEI 60068-2-3 avec un degré de sévérité conforme à la catégorie d'emplacement du condensateur.

2.11 Self-healing test

This test may be carried out on a complete unit, on a separate element or on a group of elements that are part of the unit, provided the elements under test are identical to those used in the unit and their conditions are similar to those in the unit. The choice is left to the manufacturer.

The capacitor or element shall be subjected for 10 s to a d.c. voltage: 1,1 times of the non-recurrent/surge voltage (U_S), or equal to the routine test voltage ($1,75 U_N$ for a.c. capacitors, $1,5 U_N$ for d.c. capacitors) whichever is higher.

If fewer than five breakdowns occur during this time, the voltage shall be increased slowly until five breakdowns have occurred since the start of the test or until the voltage has reached 3,5 times the rated voltage.

If fewer than five breakdowns have occurred when the voltage has reached $3,5 U_N$, the test may be continued until five breakdowns are obtained by increasing the voltage and/or temperature and/or number of specimens, or may be interrupted and repeated on another identical unit, at the manufacturer's discretion.

Before and after the test, the capacitance and $\tan \delta$ shall be measured. No change of the capacitance equal/higher than 0,5 % shall be permitted.

The following formula shall be checked: $\tan \delta \leq 1,1 \tan \delta_0 + 1 \times 10^{-4}$.

$\tan \delta$ is the value after the test, $\tan \delta_0$ before the test.

2.12 Resonance frequency measurement

The resonance frequency shall be measured within the temperature range according to 2.1.2, using a method that minimizes errors due to connections and accessories.

The appropriate measuring method may be chosen from the two examples given in annex C.

This measurement is not necessary for all applications.

NOTE – The self inductance is calculated from the resonance frequency and the value of self inductance should not exceed the value agreed upon between the manufacturer and the purchaser.

2.13 Environmental testing

2.13.1 Change of temperature

The change of temperature test shall be carried out in accordance with test Na or Nb of IEC 60068-2-14, on agreement between purchaser and manufacturer with the upper and lower limit temperature of the capacitor.

Test Nb shall be carried out with a transition time of about 1 h (1 °C/min).

2.13.2 Damp heat, steady state

The damp heat steady-state test (see table 3) shall be carried out in accordance with IEC 60068-2-3 with a degree of severity in accordance with location category of the capacitor.

Avant le début de l'essai de longue durée, la capacité doit être mesurée à température ambiante. Après la réalisation de l'essai en régime établi, le condensateur doit être soumis à un essai de tension entre bornes conformément à 2.5.1, et à une rigidité diélectrique entre les bornes et l'enveloppe, conformément à 2.6.1.

Enfin, une mesure de capacité doit être réalisée conformément à 2.3.1 à température ambiante stable.

Aucun échantillon d'essai ne doit subir de perforation ou de contournement. Des perforations autorégénératrices sont admises. La variation de capacité ne doit pas dépasser 2 %.

Tableau 3 – Essai à chaleur humide

Classe d'application du condensateur	Essai	Environnement d'essai	Durée jours
	Ca	40/93	56
	Ca	40/93	21

2.14 Essais mécaniques

2.14.1 Essais mécaniques des bornes

La robustesse des terminaisons doit faire l'objet d'essais conformément aux tableaux 4 et 5.

Tableau 4 – Essai de robustesse des bornes

1 N°	2 Essais ou mesures	3 Caractéristiques	4 Critères d'essai
1	Résistance à la traction des câbles de connexion et des connexions soudées	CEI 60068-2-21 Ua1 Ub1 Ub2 Uc Ud	Individuel avec poids du condensateur, au minimum 10 N
2	Résistance à la flexion des connexions		Nombre de cycles de flexion: 2
3	Résistance à la flexion des cosses à souder et des cosses de fiches plates		Nombre de cycles de flexion, pour cosses soudées avec câble connecté également: 2
4	Résistance à la torsion des sorties axiales		Sévérité 2
5	Résistance au couple des éléments vissés et boulonnés		Sévérité 2
6	Brasabilité et résistance à la chaleur des connexions brasées	CEI 60068-2-20	Fer à souder à 350 °C Taille A

Before the start of the long-term test, the capacitance shall be measured at room temperature. After completion of the steady-state test, the capacitor shall be subjected to a voltage test between terminals in accordance with 2.5.1, and dielectric strength between terminals and container in accordance with 2.6.1.

Finally a capacitance measurement shall be carried out in accordance with 2.3.1 at stable room temperature.

No test sample shall suffer puncturing or flashover. Self-healing punctures are permitted. The change in capacitance shall not exceed 2 %.

Table 3 – Damp heat test

Application class of capacitor	Test	Test environment	Duration days
	Ca	40/93	56
	Ca	40/93	21

2.14 Mechanical testing

2.14.1 Mechanical tests of terminals

The robustness of terminations shall be tested in accordance with tables 4 and 5.

Table 4 – Testing the robustness of terminals

1 No.	2 Tests or measurements	3 Performance	4 Test criteria
1	Tensile strength of connecting cables and soldered connections	IEC 60068-2-21	Individual with capacitor weight, at least 10 N
2	Flexural strength of connections		Ub1 Number of flexing cycles: 2
3	Flexural strength of soldering and flat plug lugs		Ub2 Number of bending cycles, for soldered lugs with connected wire also: 2
4	Torsion resistance of axial connections		Uc Severity 2
5	Torque resistance of screwed and bolted elements		Ud Severity 2
6	Solderability and heat resistance of soldered connections	IEC 60068-2-20	Soldering iron at 350 °C Size A

Tableau 5 – Exemple de courant admissible des bornes à vis et boulons

Courant efficace maximal continu (a)	Pas de l'écrou	Matériau du boulon	Couple Nm	
			Max.	Min.
10	M 3,5	Laiton	0,8	0,4
16	M 4		1,2	0,6
25	M 5		2,0	1,0
63	M 6		3,0	1,5
100	M 8		6,0	3,0
160	M 10		10,0	5,0
250	M 12		15,5	7,5
315	M 16		30,0	15,0
400	M 20		52,0	26,0

2.14.2 Examen externe

Les condensateurs sont soumis à un examen visuel et à une vérification du finissage et du marquage.

2.14.3 Vibrations et chocs

Voir la CEI 61373.

2.15 Essai d'endurance

L'essai d'endurance a pour objectif de démontrer les caractéristiques de fonctionnement du condensateur dans les conditions survenant effectivement en service.

L'essai d'endurance doit être réalisé sur au moins deux unités complètes ou condensateurs modélisés.

2.15.1 Conditionnement des unités avant l'essai

Les unités doivent être exposées à 1,1 fois U_N en air calme à une température d'au moins +10 °C pendant 16 h à 24 h.

NOTE – Cette procédure est laissée au choix du constructeur.

2.15.2 Mesures de la capacité initiale et du facteur de perte

Les unités doivent être placées pendant 12 h au moins, sous tension, dans une pièce ventilée, à une température de (30 ± 2) °C.

Les mesures doivent être réalisées de la même manière qu'en 2.3 à une température ambiante identique, 5 min après l'application de tension.

2.15.3 Essai d'endurance

La chambre d'essai doit être chauffée à une température proche de la température d'essai.

Table 5 – Example of current-carrying capacities of screw terminals and bolts

Maximum continuous r.m.s. current (a)	Bolt thread	Bolt material	Torque Nm	
			Max.	Min.
10	M 3,5	Brass	0,8	0,4
16	M 4		1,2	0,6
25	M 5		2,0	1,0
63	M 6		3,0	1,5
100	M 8		6,0	3,0
160	M 10		10,0	5,0
250	M 12		15,5	7,5
315	M 16		30,0	15,0
400	M 20		52,0	26,0

2.14.2 External inspection

Capacitors are visually examined and checked for finish and marking.

2.14.3 Vibration and shocks

See IEC 61373.

2.15 Endurance test

The purpose of the endurance test is to demonstrate the performance of the capacitor under the conditions which will actually occur in service.

The endurance test shall be performed on at least two complete units or model capacitors.

2.15.1 Conditioning of the units before the test

The units shall be exposed to 1,1 times U_N in still air at a temperature of not less than +10 °C for 16 h to 24 h.

NOTE – This procedure is left to the choice of the manufacturer.

2.15.2 Initial capacitance and loss factor measurements

The units shall be placed for at least 12 h in an energized state in a ventilated chamber, having a temperature of (30 ± 2) °C.

The measurements shall be performed as for 2.3 at the same ambient temperature, 5 min after the voltage application.

2.15.3 Endurance test

The test chamber shall be heated to a temperature close to the test temperature.

Les unités d'essai doivent être placées dans la chambre chauffée et être alimentées selon les conditions appropriées décrites dans le tableau 6. Les condensateurs pour courant alternatif et ceux pour courant continu doivent être soumis à l'essai approprié, selon la décision du constructeur. Lorsque l'unité a atteint la température d'essai, les conditions de refroidissement/réchauffement sont adaptées de manière à obtenir la stabilisation à cette température d'essai. Après cette stabilisation, aucune variation de la température de refroidissement/réchauffement n'est admise.

La température d'essai est la température maximale du boîtier ($\theta_{\max}$, voir 1.3.31) en condition de fonctionnement maximale continue, c'est-à-dire à l'exclusion des conditions de fonctionnement à durée réduite et des conditions exceptionnelles.

La tension d'essai U_t (tension continue pure ou sinusoïdale alternative avec une tension crête égale à U_N multipliée par le facteur d'accélération) doit être appliquée. Un facteur d'accélération ou une durée d'essai différente peuvent être sélectionnés d'après le tableau 6.

Le choix est laissé au constructeur. A la moitié de l'essai d'endurance, le condensateur doit être mis hors tension, refroidi en air calme à température ambiante, et soumis à 1 000 décharges comme en 2.9, mais avec un courant de crête de $2 \hat{I}$, où $\hat{I}$ représente le courant crête maximal (voir 1.3.20).

La fréquence des décharges doit être décidée par le constructeur.

Dès que possible, les condensateurs doivent être remis sous tension afin d'achever l'essai.

Tableau 6 – Essai d'endurance

Type de condensateur	U_t	Pas d'essais	Température	Durée ou nombre de décharges
Courant continu	1,4 U_{NDC}	1,4 U_{NDC}	Température d'essai	250 h
		2 $\hat{I}$	Température de salle	1 000 fois
		1,4 U_{NDC}	Température d'essai	250 h
	1,3 U_{NDC}	1,3 U_{NDC}	Température d'essai	500 h
		2 $\hat{I}$	Température de salle	1 000 fois
		1,3 U_{NDC}	Température d'essai	500 h
Courant alternatif	1,35 U_N (voir note 1)	1,35 U_N	Température d'essai	250 h
		2 $\hat{I}$	Température de salle	1 000 fois
		1,35 U_N	Température d'essai	250 h
	1,25 U_N (voir note 1)	1,25 U_N	Température d'essai	500 h
		2 $\hat{I}$	Température de salle	1 000 fois
		1,25 U_N	Température d'essai	500 h

NOTE 1 – Les conditions pendant ces essais peuvent être différentes des conditions de service, par exemple 50 Hz ou 60 Hz pour tous les condensateurs pour courant alternatif.

NOTE 2 – Un refroidissement par air forcé à bain de liquide peut être utilisé si la température du boîtier dépasse $\theta_{\max}$.

NOTE 3 – Après accord entre utilisateur et constructeur, un condensateur d'amortissement pour thyristor blocable à porte (GTO) peut être testé avec une tension d'ondulation (unidirectionnelle) $U_t = U_r = (1,25 \div 1,35) U_N$ comme pour les condensateurs pour courant alternatif.

2.15.4 Mesure de la capacité finale et de la tangente $\tan \delta$

La mesure doit être réalisée, comme indiqué dans l'article 2 dans les deux jours suivant la fin de l'essai d'endurance.

The test units shall be placed in the heated chamber and energized at the appropriate conditions as described in table 6. AC and d.c. capacitors shall be subjected to the appropriate test as decided by the manufacturer. When the unit has achieved the test temperature, the cooling/heating conditions are adjusted so that stabilization is achieved at this test temperature. After this initial stabilization no changes in cooling/heating temperature are permitted.

The test temperature is the maximum case temperature ($\theta_{\max}$, see 1.3.31) during maximum continuous operating condition, i.e. excluding short time and exceptional conditions.

The test voltage U_t (pure d.c. or a.c. sinusoidal voltage with a peak voltage equal to U_N multiplied by the acceleration factor) shall be applied. A different acceleration factor/test duration can be selected according to table 6.

The choice is left to the manufacturer. Half way through the endurance test the capacitor shall be de-energized, cooled in still air at the ambient temperature, and subjected to 1 000 discharges as for 2.9, but with a peak current of $2 \hat{I}$, where $\hat{I}$ is the maximum peak current (see 1.3.20).

The frequency of the discharges shall be decided by the manufacturer.

As soon as possible, the capacitors shall be energized again in order to complete the test.

Table 6 – Endurance test

Type of capacitor	U_t	Test steps	Temperature	Duration or number of discharges
DC	1,4 U_{NDC}	1,4 U_{NDC}	Test temperature	250 h
		$2 \hat{I}$	Room temperature	1 000 times
		1,4 U_{NDC}	Test temperature	250 h
	1,3 U_{NDC}	1,3 U_{NDC}	Test temperature	500 h
		$2 \hat{I}$	Room temperature	1 000 times
		1,3 U_{NDC}	Test temperature	500 h
AC	1,35 U_N (see note 1)	1,35 U_N	Test temperature	250 h
		$2 \hat{I}$	Room temperature	1 000 times
		1,35 U_N	Test temperature	250 h
	1,25 U_N (see note 1)	1,25 U_N	Test temperature	500 h
		$2 \hat{I}$	Room temperature	1 000 times
		1,25 U_N	Test temperature	500 h

NOTE 1 – The conditions during this test may be different to the service conditions, e.g. 50 Hz or 60 Hz for all a.c. capacitors.

NOTE 2 – Forced air liquid-bath cooling may be used if the temperature of the case exceeds $\theta_{\max}$.

NOTE 3 – Damping capacitors for gate turn off thyristors (GTO) on agreement between the user and the manufacturer can be tested with a ripple voltage (unidirectional) $U_t = U_r = (1,25 \div 1,35) U_N$ as for a.c. capacitors.

2.15.4 Final capacitance and $\tan \delta$ measurement

The measurement shall be performed as indicated in clause 2 within two days after completing the endurance test.

2.15.5 Critères d'acceptation

Les mesures de capacité réalisées dans les articles 2 et 4 ne doivent pas différer de plus de 3 % des valeurs initiales. Pour des condensateurs destinés à être utilisés comme filtres directement alimentés par la ligne d'alimentation, des tolérances plus contraignantes peuvent faire l'objet d'un accord entre utilisateur et constructeur.

Les pertes doivent être mentionnées dans le rapport d'essai.

Si un condensateur a été rejeté, l'essai est renouvelé et aucun autre échec n'est autorisé.

2.16 Essai destructif

2.16.1 Généralités

Cet essai est réalisé afin de donner une indication sur le comportement du condensateur à la fin de sa durée de vie.

Cet essai doit être appliqué à tous les condensateurs autorégénérateurs ainsi qu'aux condensateurs non autorégénérateurs sans coupe-circuit interne. Cependant, il convient de prendre en compte les notes suivantes.

NOTE 1 – Il convient que les condensateurs non autorégénérateurs protégés par des coupe-circuit internes soient conformes à 2.17. Pour ce type de condensateurs, le coupe-circuit pourrait être considéré comme équivalent.

NOTE 2 – Il convient de soumettre à cet essai les condensateurs sans dispositif de déconnexion conçus pour fonctionner avec un détecteur de surpression, et de leur apposer la marque "Sécurité de fonctionnement possible uniquement avec un détecteur de surpression".

NOTE 3 – Il convient de soumettre les condensateurs autorégénérateurs avec coupe-circuit internes à cet essai et non à l'essai de 2.17.

NOTE 4 – Les conditions actuelles pouvant différer de manière significative des conditions en service, le comportement à la fin de la durée de vie pourrait également être différent. Il convient de prendre en considération l'énergie stockée, le courant de court-circuit prévu, la durée du courant de défaillance (etc.) dans l'application.

2.16.2 Séquence d'essais pour condensateur à courant alternatif

L'essai doit être réalisé sur un condensateur unitaire.

Selon la spécification du constructeur, il est permis d'utiliser un condensateur ayant réussi l'essai d'endurance.

Le principe de l'essai consiste à favoriser les défaillances au niveau du ou des éléments grâce à une alimentation en courant continu à forte impédance interne, et à vérifier ensuite le comportement du condensateur lorsqu'une tension alternative est appliquée. Il est possible de favoriser la défaillance de condensateurs non autorégénérateurs sans fusible interne en suivant les procédures de 2.17.5. Le choix est laissé au constructeur. Le condensateur doit être monté dans un four à circulation d'air présentant une température égale à la température maximale de l'air ambiant correspondant à la catégorie de températures du condensateur.

Quand toutes les parties du condensateur ont atteint la température du four, la séquence d'essais suivante doit être réalisée avec le circuit indiqué en figure 1. A la place du coupe-circuit de la figure 1, si le condensateur est protégé par le détecteur de surpression, on utilise un disjoncteur commandé par le détecteur de surpression.

- Les sélecteurs H et K étant respectivement en position 1 et «a», la source de tension alternative N est fixée à $1,3 U_N$ et le courant dans le condensateur est enregistré.
- La source de tension continue T est déterminée par la valeur de la tension et du courant de court-circuit indiqué par le constructeur; le commutateur H est ensuite placé en position 2.
- Le commutateur H est placé en position 3 et le commutateur K en position «b» afin d'appliquer la tension d'essai continue au condensateur en la maintenant pendant une certaine période, selon les indications du constructeur.

2.15.5 Acceptance criteria

The capacitance measurement performed in clauses 2 and 4 shall differ by not more than 3 % of the initial values. For capacitors intended to be used as filter capacitors directly supplied by the supply line, more stringent tolerances may be agreed upon between the user and the manufacturer.

The losses shall be reported.

If one capacitor has failed, the test is repeated and no more failures are permitted.

2.16 Destruction test

2.16.1 General

This test is performed to give an indication of the behaviour of the capacitor at the end of life.

This test shall be applied to all self-healing capacitors as well as non self-healing capacitors without internal fuses. However, the following notes should be taken into account.

NOTE 1 – The non-self-healing capacitors protected by internal fuses should comply with 2.17. For this kind of capacitors, the internal fuse could be considered equivalent.

NOTE 2 – Capacitors without disconnection device intended for service with an overpressure detector should be subjected to this test, and should be marked "Safe operation only with overpressure detector".

NOTE 3 – Self-healing capacitors with internal fuses should be subjected to this test and should not be subjected to the test in 2.17.

NOTE 4 – As the actual conditions can be significantly different in service, the behaviour at the end of life may also be different. Stored energy, expected short-circuit current, duration of failure current (and so on) should be considered in the application.

2.16.2 Test sequence for a.c. capacitors

The test shall be carried out on a capacitor unit.

When specified by the manufacturer, a capacitor which has passed the endurance test may be used.

The principle of the test is to promote failures in the element(s) by a high internal impedance d.c. power supply, and subsequently to check the behaviour of the capacitor when an a.c. voltage is applied. The failure of non-self-healing capacitors without internal fuses may be promoted according to the procedures of 2.17.5. The choice is left to the manufacturer. The capacitor shall be mounted in a circulating air oven having a temperature equal to the maximum ambient air temperature of the temperature category of the capacitor.

When all the capacitor parts have reached the temperature of the oven, the following test sequence shall be performed with the circuit given in figure 1. Instead of the fuse in figure 1, if the capacitor is protected by the overpressure detector, a circuit breaker is used which is controlled by the overpressure detector.

- With the selector switches H and K in position 1 and "a" respectively, the a.c. voltage source N is set to $1,3 U_N$ and the capacitor current is recorded.
- The d.c. voltage source T is set at the voltage and short-circuit current value stated by the manufacturer; the switch H is then set to position 2.
- Switch H is set to position 3 and switch K to position "b" in order to apply the d.c. test voltage to the capacitor which is maintained for a given period, as stated by the manufacturer.

- d) Le commutateur K est ensuite placé en position «a» à nouveau afin d'appliquer la tension d'essai alternative au condensateur pendant une période de 5 min tandis que le courant est enregistré de nouveau.

Il est possible d'obtenir les conditions suivantes:

- 1) L'ampèremètre I et le voltmètre U indiquent tous les deux une valeur nulle: dans ce cas, le coupe-circuit ou l'état du détecteur de surpression doivent être vérifiés. Si le coupe-circuit a sauté, il doit être remplacé. La tension N est ensuite appliquée au condensateur et, si le coupe-circuit saute à nouveau ou si le détecteur de surpression s'est déclenché, la procédure est interrompue.

Si le coupe-circuit ne saute pas ou si le détecteur de surpression ne s'est pas déclenché, la procédure consistant à appliquer au condensateur la tension T et N selon les prescriptions de c) et d) est poursuivie en utilisant uniquement le commutateur K.

- 2) Le courant indiqué par l'ampèremètre I est nul et le voltmètre U indique $1,3 U_N$. Dans ce cas, la procédure est interrompue.
- 3) Le courant indiqué par l'ampèremètre I est supérieur à zéro. Dans ce cas, la procédure se poursuit conformément à b), c) et d).

Si, après avoir répété plusieurs fois cette procédure, la capacité restante est supérieure à 0 %, il est permis d'utiliser un autre échantillon, et/ou d'augmenter la tension d'essai et la durée d'essai, ou bien de soumettre les unités à une surpression d'origine extérieure jusqu'à ce que le disjoncteur ou le détecteur de surpression fonctionne. Le constructeur doit indiquer la valeur de cette pression.

Lorsque la procédure est interrompue, le condensateur est refroidi à la température ambiante et l'essai de tension entre bornes et entre bornes et boîtier est réalisé conformément à 2.5 et 2.6. En cas de fonctionnement d'un détecteur de surpression, aucun essai de tension entre bornes n'est prescrit. L'état du détecteur après le refroidissement à température ambiante doit être signalé.

Il convient que le courant de court-circuit de la source de tension N au niveau des bornes du condensateur soit supérieur à $5 I_{\max}$.

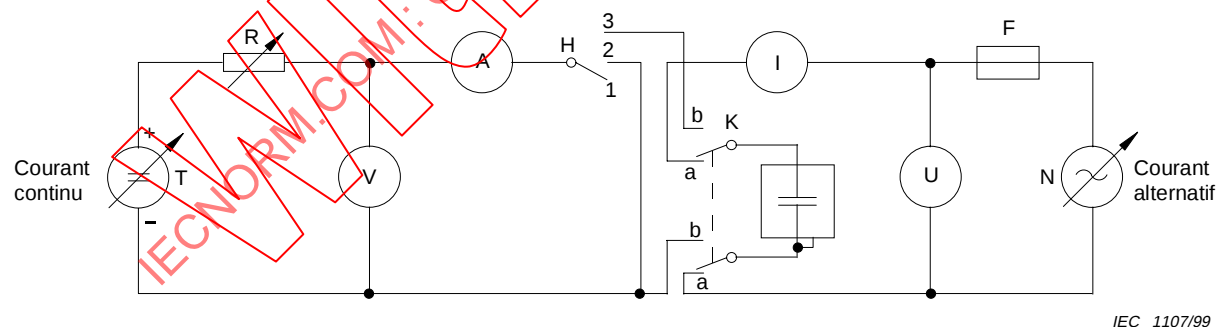


Figure 1 – Montage pour essai destructif

Le courant assigné I du coupe-circuit ne doit pas être inférieur à $2 I_{\max}$.

Un coupe-circuit correspondant à la CEI 60269-1 doit être utilisé.

NOTE 1 – Si le condensateur unitaire est utilisé en connexion parallèle avec d'autres unités, il convient de réaliser l'essai en connectant une capacité correspondante en parallèle avec la source N.

NOTE 2 – Si le condensateur unitaire est trop grand ou trop petit pour se conformer aux paramètres d'essai, il convient de réaliser l'essai conformément à l'accord passé entre le constructeur et l'acheteur.

NOTE 3 – Pour les condensateurs non protégés, le risque d'explosion est lié à la durée du courant de court-circuit.

L'utilisateur peut fournir des informations théoriques; au contraire, le constructeur peut déclarer I^2t , cette information pouvant raisonnablement aider le concepteur à estimer le risque d'explosion.

- d) Switch K is then set to position "a" again in order to apply the a.c. test voltage to the capacitor for a period of 5 min when the current is again recorded.

The following conditions may be obtained:

- 1) The ammeter I and the voltmeter U both indicate zero: in this case the fuse or the status of the overpressure detector shall be checked. If the fuse has blown, it shall be replaced. Then the voltage "N" is applied to the capacitor and if the fuse blows again or the overpressure detector has worked, the procedure is interrupted.

If the fuse does not blow or the overpressure detector has not worked, the procedure consisting in applying to the capacitor T and N voltage as prescribed in items c) and d) continues using only the switch K.

- 2) The current indicated by the ammeter I is zero and the voltmeter U indicates $1,3 U_N$. In this case the procedure is interrupted.
- 3) The current indicated by the ammeter I is higher than zero. In this case the procedure continues as per items b), c), and d).

If, after repeating this procedure several times, the remaining capacitance is higher than 0 %, another sample may be used, and/or test voltage and test time may be increased, or the unit has to be subjected to an externally operated overpressure until the disconnector or the overpressure detector has worked. The value of this pressure shall be given by the manufacturer.

When the procedure is interrupted, the capacitor is cooled to ambient temperature and the voltage test between terminals and terminals and case is carried out according to 2.5 and 2.6. In case of operation of an overpressure detector, no voltage test terminal to terminal is required. The status of the detector after cooling down to ambient temperature shall be reported.

The short-circuit current of the N voltage source at the capacitor terminals should be higher than $5 I_{\max}$.

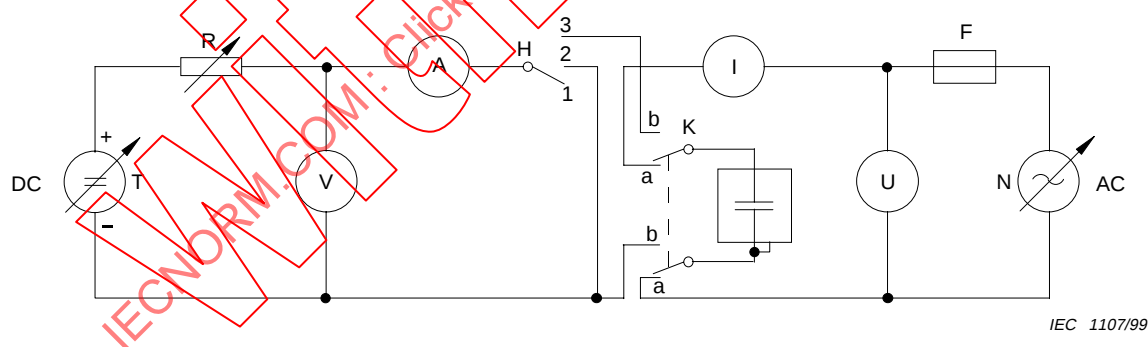


Figure 1 – Destruction test arrangement

The rated current I of the fuse shall be not less than $2 I_{\max}$.

Fuse according to IEC 60269-1 shall be used.

NOTE 1 – If the capacitor unit is used in parallel connection with other units, the test should be performed by putting a corresponding capacitance in parallel with the N source.

NOTE 2 – If the capacitor unit is too large or too small to comply with the test parameters, the test should be performed on agreement between the manufacturer and purchaser.

NOTE 3 – For unprotected capacitors, the risk of explosion is related to the duration of the short-circuit current.

The user can give theoretical information, while the manufacturer can declare the I^2t , this information can reasonably help the designer to estimate the risk of explosion.

2.16.3 Séquence d'essais pour condensateurs à courant continu

L'essai doit être réalisé sur un condensateur unitaire. Il est permis, selon la spécification du constructeur, d'utiliser un condensateur ayant réussi l'essai d'endurance. Le principe de l'essai consiste à favoriser les défaillances du ou des éléments grâce à une alimentation en courant continu à forte impédance interne, et à vérifier ensuite le comportement du condensateur lorsque l'on applique une tension continue élevée avec une faible tension alternative ou continue superposée et de faible impédance interne.

Il est permis de favoriser la défaillance de condensateurs non autorégénérateurs sans coupe-circuit internes en suivant les procédures de 2.17.5. Le choix est laissé au constructeur.

Le condensateur doit être monté dans un four à circulation d'air présentant une température égale à la température maximale de l'air ambiant correspondant à la catégorie de températures du condensateur.

Quand toutes les parties du condensateur ont atteint la température du four, la séquence d'essais suivante doit être réalisée avec le circuit indiqué à la figure 1: la source N est un générateur de courant continu avec tension d'ondulation superposée (composante de courant alternatif).

Un exemple de générateur N est donné à la figure 2.

Le courant assigné du coupe-circuit ne doit pas être inférieur à $2 I_{\max}$. Un coupe-circuit conforme à la CEI 60269-1 doit être utilisé. A la place du coupe-circuit de la figure 2, si le condensateur est protégé par un détecteur de surpression, on utilise un disjoncteur commandé par le détecteur de surpression.

- Les sélecteurs H et K étant respectivement en position 1 et «a», la source de tension N est fixée à $1,3 U_N$ et à $1,1 I_N$.
- La source de tension continue T est fixée à la valeur indiquée par le constructeur; le commutateur H est ensuite placé en position 2.
- Le commutateur H est placé en position 3 et le commutateur K en position «b» afin d'appliquer la tension d'essai continue T au condensateur en la maintenant pendant une certaine période, selon les indications du constructeur.
- Le commutateur K est ensuite placé en position «a» à nouveau afin d'appliquer la tension d'essai N au condensateur pendant une période de 5 min tandis que le courant est enregistré.

Il est possible d'obtenir les conditions suivantes:

- 1) L'ampèremètre I et le voltmètre U indiquent tous les deux une valeur nulle.

Dans ce cas, le coupe-circuit ou l'état du détecteur de surpression doit être vérifié. Si le coupe-circuit a sauté, il doit être remplacé. La tension N est ensuite appliquée au condensateur et si le coupe-circuit saute à nouveau ou si le détecteur de surpression s'est déclenché, la procédure est interrompue. Si le coupe-circuit ne saute pas ou si le détecteur de surpression ne s'est pas déclenché, la procédure consistant à appliquer au condensateur la tension T et N selon les prescriptions de c) et d) est poursuivie en utilisant uniquement le commutateur K.

- 2) Le courant indiqué par l'ampèremètre I est nul et le voltmètre U indique $1,3 U_N$.

Dans ce cas, la procédure est interrompue et la capacité est vérifiée.

Si la capacité est supérieure à zéro, la procédure se poursuit conformément à b), c) et d).

- 3) Le courant indiqué par l'ampèremètre I est supérieur à zéro.

Dans ce cas, la procédure se poursuit conformément à b), c) et d).

2.16.3 Test sequence for d.c. capacitors

The test shall be carried out on a capacitor unit. When specified by the manufacturer, a capacitor which has passed the endurance test may be used. The principle of the test is to promote failures in the element(s) by a high internal impedance d.c. power supply, and subsequently to check the behaviour of the capacitor when high d.c. voltage with superposed a.c. or d.c. low voltage with low internal impedance is applied.

The failure of non-self-healing capacitors without internal fuses may be promoted according to the procedures of 2.17.5. The choice is left to the manufacturer.

The capacitor shall be mounted in a circulating air oven having a temperature equal to the maximum ambient air temperature for the temperature category of the capacitor.

When all the capacitor parts have reached the temperature of the oven, the following test sequence shall be performed with the circuit given in figure 1: the N source is a d.c. generator with a superposed ripple voltage (a.c. component).

An example of N generator is given in figure 2.

The rated current of the fuse shall be not less than $2 I_{\max}$. Fuse according to IEC 60269-1 shall be used. Instead of the fuse shown in figure 2, if the capacitor is protected by an overpressure detector, a circuit breaker is used which is controlled by the overpressure detector.

- a) With the selector switches H and K in position 1 and "a", the voltage source N is set to $1,3 U_N$ and to $1,1 I_N$.
- b) The d.c. voltage source T is set at the value stated by the manufacturer; the switch H is then set to position 2.
- c) Switch H is set to position 3 and switch K to position "b" in order to apply the d.c. test T to the capacitor which is maintained for a given period, stated by the manufacturer.
- d) Switch K is then set to the position "a" again in order to apply the superimposed test voltage N to the capacitor for a period of 5 min while the current is recorded.

The following conditions may be obtained.

- 1) The ammeter I and the voltmeter U both indicate zero.

In this case the fuse or the status of the overpressure detector shall be checked. If the fuse has blown it shall be replaced. The voltage N is then applied to the capacitor and if the fuse blows again or the overpressure detector has operated, the procedure is interrupted. If the fuse does not blow or the overpressure detector has not operated, the procedure consisting in the application to the capacitor of T and N voltage as prescribed in items c) and d) is continued using only the switch K.

- 2) The current indicated by the ammeter I is zero and the voltmeter U indicates $1,3 U_N$.

In this case the procedure is interrupted and the capacitance is checked.

If the capacitance is higher than zero, the procedure is continued as per items b), c) and d).

- 3) The current indicated by the ammeter I is higher than zero.

In this case the procedure continues as per items b), c) and d).

Si, après avoir répété plusieurs fois cette procédure, la capacité restante est supérieure à 0 %, il est permis d'utiliser un autre échantillon et/ou d'augmenter la tension d'essai et la durée d'essai, ou bien de soumettre les unités à une surpression d'origine extérieure jusqu'à ce que le disjoncteur ou le détecteur de surpression fonctionne. Le constructeur doit indiquer la valeur de cette pression.

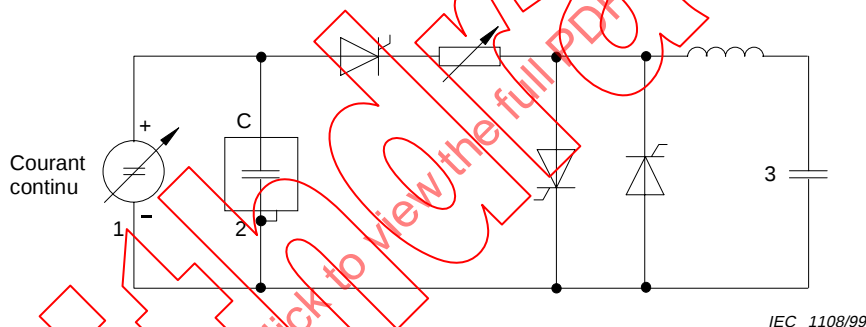
Lorsque la procédure est interrompue, le condensateur est refroidi à la température ambiante et l'essai de tension entre bornes et entre bornes et boîtier est réalisé conformément à 2.5 et 2.6.

En cas de fonctionnement d'un détecteur de surpression, aucun essai de tension entre bornes n'est prescrit.

Si aucun dispositif conforme à la figure 2 n'est disponible, une source N correspondant à la figure 3 peut être utilisée. Dans ce cas, un fort courant continu est généré par un pont de diodes. Les générateurs de courant continu et alternatif doivent être réglables.

Le point a) de 2.16.3 doit être modifié de la façon suivante: «les sélecteurs H et K étant placés respectivement en position 1 et «a», la source de tension N doit être fixée à $1,3 U_N$ ».

Il convient que le courant de court-circuit et la source de tension N au niveau des bornes du condensateur soient supérieurs à $5 I_{\max}$.



- 1 Générateur haute tension, courant continu élevé
- 2 Spécimen en essai
- 3 Dispositif onduleur

Figure 2 – Source N de courant continu et alternatif

If, after repeating this procedure several times the remaining capacitance is higher than 0 %, another sample may be used, and/or test voltage and test time may be increased, or the unit shall be subjected to an externally operated overpressure until the disconnecter or the overpressure detector has operated. The value of this pressure shall be given by the manufacturer.

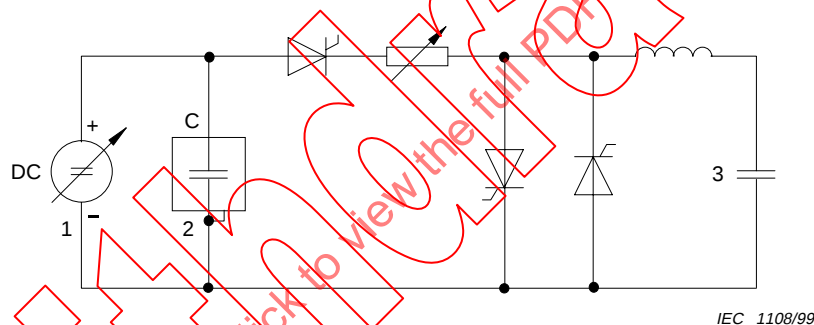
When the procedure is interrupted, the capacitor is cooled to the ambient temperature, and the voltage test between terminals and terminals and case shall be carried out according to 2.5 and 2.6.

In case of operation of an overpressure detector, no voltage test between terminals shall be performed.

If a device according to figure 2 is not available, a N source according to figure 3 can be used. In this case a high d.c. current is generated by a diode bridge. The d.c. and a.c. generators shall be adjustable.

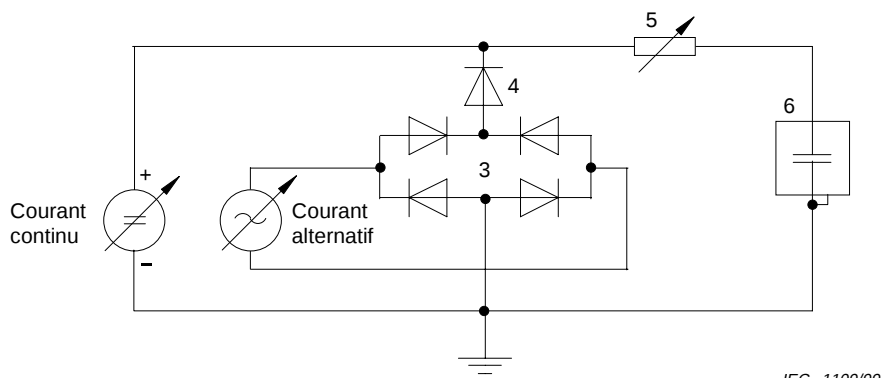
Subclause 2.16.3 a) shall be modified as follows: "with the selector switches H and K in position 1 and "a" respectively, the voltage source N shall be set to $1,3 U_N$ ".

The short-circuit current of the N voltage source at the capacitor terminals should be higher than $5 I_{\max}$.



- 1 High-voltage, high-current d.c. generator
- 2 Specimen under test
- 3 Inverter device

Figure 2 – N source d.c. plus a.c.



IEC 1109/99

- 1 Générateur à courant continu, HT, faible courant (300 mA)
- 2 Générateur à courant alternatif basse tension, courant élevé
- 3 Pont de redressement basse tension
- 4 Redresseur HT de blocage
- 5 Réglage du courant de court-circuit
- 6 Spécimen en essai

NOTE 1 – Si le condensateur est utilisé en parallèle avec d'autres unités, il convient de réaliser l'essai en plaçant une capacité correspondante en parallèle avec la source N.

NOTE 2 – Il convient de sélectionner la tension alternative de la figure 2 de façon à permettre la circulation du courant de court-circuit.

Figure 3 – Source N de courant continu

2.17 Essai de déconnexion des coupe-circuit

2.17.1 Généralités

Cet essai s'applique aux condensateurs non autorégénérateurs équipés de coupe-circuit internes.

Le coupe-circuit est connecté en série avec le ou les éléments destinés à être isolés en cas de défaillance. La gamme de courants et de tensions appliqués au coupe-circuit dépend donc de la conception du condensateur et, dans certains cas, également de la batterie dans laquelle il est connecté.

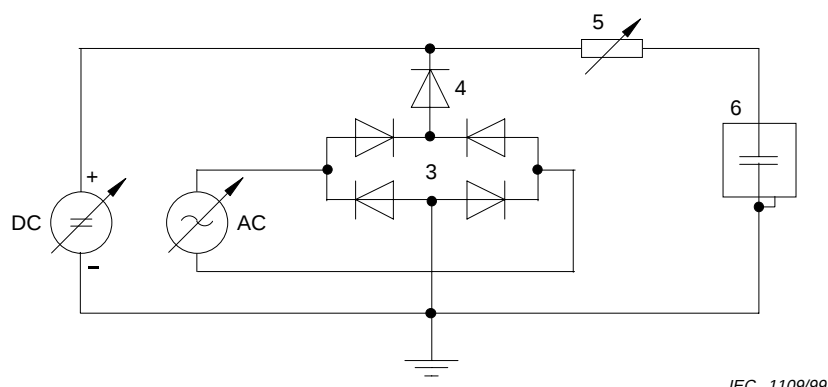
Le fonctionnement d'un coupe-circuit interne est généralement déterminé par l'un des facteurs suivants, ou par les deux.

- énergie de décharge provenant des éléments ou unités connectés en parallèle avec l'unité ou l'élément défaillant;
- courant de défaut disponible.

NOTE – Si l'unité est protégée par un fusible extérieur, l'essai est réalisé avec le fusible extérieur proposé par le constructeur du condensateur.

2.17.2 Prescriptions de déconnexion

Le coupe-circuit doit permettre de déconnecter l'élément défaillant lorsqu'un claquage d'éléments survient dans une gamme de tensions dans laquelle u_1 est la valeur minimale et u_2 la valeur maximale de tension entre les bornes de l'unité à l'instant de la défaillance.



IEC 1109/99

- 1 High-voltage, low-current (300 mA) c.c. generator
- 2 Low-voltage, high-current a.c. generator
- 3 Low-voltage rectifier bridge
- 4 Blocking HV rectifier
- 5 Short-circuit current adjustment
- 6 Specimen under test

NOTE 1 – If the capacitor unit is used in parallel connection with other units, the test should be performed by putting a corresponding capacitance in parallel with the N source.

NOTE 2 – The a.c. voltage in figure 2 should be selected in such way to allow a circulation of the short-circuit current.

Figure 3 – N source d.c.

2.17 Disconnecting test on fuses

2.17.1 General

This test applies to non-self-healing capacitors fitted with internal current fuses.

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 bank in which it is connected.

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

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

NOTE – If the unit is protected by an external fuse, the test is carried out with the external fuse suggested by the capacitor manufacturer.

2.17.2 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 the highest value of the voltage between the terminals of the unit at the instant of fault.

Les valeurs recommandées pour u_1 et u_2 sont les suivantes:

$$u_1 = 0,8 U_N$$

$$u_2 = \text{voir tableau 2}$$

NOTE – Les tensions u_1 et u_2 ci-dessus sont basées sur la tension normalement susceptible d'apparaître aux bornes du condensateur unitaire à l'instant du claquage de l'élément. Il convient que l'acheteur spécifie si les valeurs u_1 et u_2 diffèrent des valeurs normalisées.

2.17.3 Prescriptions d'épreuve

Après un fonctionnement, il faut que l'ensemble du coupe-circuit résiste à la tension nominale de l'élément, à laquelle s'ajoute toute tension déséquilibrée due à l'action du coupe-circuit, et toute surtension transitoire apparaissant normalement pendant la durée de vie du condensateur.

Les coupe-circuit internes doivent être en mesure, durant la durée de vie du condensateur, de:

- supporter en continu un courant maximal de l'unité, égal à $1,1 I_{\text{max}}$;
- résister au courant de choc de l'unité ($\hat{I}_s$);
- supporter les courants de décharge dus au claquage du ou des éléments;
- résister à l'essai de décharge.

NOTE – Un guide pour la protection par coupe-circuit et sectionneur est donné en 6.13.

2.17.4 Procédure d'essai

L'essai de déconnexion sur les coupe-circuit est réalisé de la façon suivante. La tension d'essai maximale en courant continu u_2 (voir 2.17.2) est appliquée jusqu'à ce qu'un fusible au moins soit défaillant. Ensuite, immédiatement, la tension est réduite à $0,8 U_N$ jusqu'à ce qu'un autre fusible soit défaillant.

La tension au niveau de l'unité doit être surveillée. La tension au niveau de l'unité doit être mesurée tout au long de l'essai. Si la tension précédant immédiatement la mise en fonctionnement du coupe-circuit et la tension immédiatement consécutive diffèrent de plus de 10 %, l'essai doit être répété en connectant une capacité supplémentaire en parallèle avec l'unité en essai. Il est permis de réaliser ce nouvel essai sur une nouvelle unité, selon la volonté du constructeur.

Les essais sur les coupe-circuit sont réalisés soit sur un condensateur unitaire entier, soit sur deux unités, en présence d'un seul fusible.

Une des procédures d'essai a), b), c), d) suivantes ou une méthode de substitution doit être utilisée. Le choix est laissé au constructeur.

Il est préférable d'utiliser une méthode telle que les essais puissent être effectués sur une unité standard.

a) Perforation mécanique de l'élément

La perforation mécanique de l'élément est réalisée au moyen d'un clou, enfoncé dans l'élément au travers d'un trou pré-percé dans l'enveloppe.

NOTE 1 – La perforation d'un seul élément ne peut pas être garantie.

NOTE 2 – Afin de limiter l'éventualité d'un contournement de l'enveloppe le long du clou, ou au travers du trou percé par le clou, il est permis d'utiliser un «clou» fabriqué en matériau isolant et/ou de réaliser les perforations dans l'élément connecté en permanence, ou durant l'essai, à l'enveloppe.

The recommended values for u_1 and u_2 are the following:

$$u_1 = 0,8 U_N$$

$$u_2 = \text{see table 2}$$

NOTE – 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 should specify if the u_1 and u_2 values differ from the standard ones.

2.17.3 Withstand requirements

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

The internal fuses during the life of the capacitor shall be able to

- carry continuously a maximum unit current of $1,1 I_{\max}$;
- withstand the unit surge current ($\hat{I}_s$);
- carry the discharge currents due to the breakdown of element(s);
- withstand the discharge test.

NOTE – Guidance for fuse and disconnector protection is given in 6.13.

2.17.4 Test procedure

The disconnecting test on fuses is carried out as follows. The upper d.c. test voltage u_2 (see 2.17.2) is applied until at least one fuse has failed. Then, immediately, the voltage is reduced to $0,8 U_N$ until a further fuse fails.

The voltage across the unit shall be monitored. The voltage across the unit shall be measured throughout the test. If the voltage immediately before the fuse operates and the voltage immediately after the fuse operates differ by more than 10 %, the test shall be repeated, with extra capacitance connected in parallel to the unit under test. This test may be repeated on a new unit at the manufacturer's discretion.

The tests of fuses are performed either on one complete capacitor unit or on two units, if there is only one fuse inside.

One of the following test procedures a), b), c), d) or an alternative method shall be used. The choice is left to the manufacturer.

It is preferred to use a method where the tests can be carried out on a standard unit.

a) Mechanical puncture of the element

Mechanical puncture of the element is made by a nail, which is forced into the element through a pre-drilled hole in the container.

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, a "nail" made of insulating material may be used and/or the punctures may be performed in the element connected permanently, or during the test, to the container.

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

Certains éléments de l'unité d'essai sont fournis, par exemple, avec une oreille insérée entre les couches diélectriques. Chaque oreille est connectée à une borne séparée.

Pour obtenir un claquage de l'élément ainsi équipé, une tension de choc d'amplitude suffisante est appliquée entre l'oreille et l'une des feuilles de cet élément ainsi modifié.

Le courant et/ou la tension du condensateur doivent être enregistrés durant l'essai.

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

Certains éléments de l'unité d'essai sont fournis avec un fil à fusibles court connecté à deux oreilles supplémentaires et inséré entre les couches diélectriques, chaque oreille étant connectée à une borne isolée séparée.

Pour obtenir le claquage d'un élément équipé de ce fil à fusibles, un condensateur distinct chargé d'une énergie suffisante est déchargé dans le fil afin de le faire fondre.

Le courant et/ou la tension du condensateur doivent être enregistrés durant l'essai.

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

Une petite partie d'un élément (ou de plusieurs éléments) d'une unité est enlevée au moment de la fabrication et remplacée par un diélectrique plus faible. Par exemple: 10 cm² à 20 cm² d'un diélectrique film-papier-film sont découpés et remplacés par deux minces feuillets de papier.

A la limite de tension supérieure, on autorise l'endommagement d'un fusible supplémentaire (ou d'un dixième de l'élément protégé par fusible, directement en parallèle) connecté à un ou plusieurs éléments acoustiques.

La tension d'essai doit être maintenue quelques secondes (au minimum 10 s) après le claquage pour s'assurer que le fusible a été déconnecté correctement sans déconnexion de l'alimentation.

Dans certains cas, il peut être nécessaire de prolonger les essais jusqu'à ce que deux claquages ou plus surviennent au niveau des éléments de condensateur. Le nombre de claquages pour chaque limite de tension dans ces cas fait l'objet d'un accord entre le constructeur et l'acheteur. Si le nombre de claquages est dépassé, les tensions indiquées dans le 2.17.7 sont susceptibles de devoir être augmentées.

NOTE 1 – Il convient de prendre des précautions lors de la réalisation de cet essai pour éviter l'explosion d'un condensateur unitaire.

NOTE 2 – Il est recommandé de décharger tous les groupes d'éléments en série après chaque essai si le condensateur possède des connexions en série d'éléments internes.

2.17.5 Mesure de capacité

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

On doit utiliser une méthode de mesure suffisamment sensible pour détecter la variation de capacité provoquée par le claquage d'un fusible.

2.17.6 Examen visuel

Après l'essai de déconnexion, aucune déformation significative de l'enveloppe ne doit être apparente.

2.17.7 Essai de tension

L'unité doit résister pendant 10 s à un essai de tenue de tension sans autre fonctionnement de fusibles. Il convient que cette tension d'épreuve d'essai soit normalement égale à la tension d'essai spécifiée dans le tableau 2 sauf accord contraire passé entre le constructeur et l'acheteur conformément aux dispositions du point d) de 2.17.4.

b) Electrical breakdown of the element (first method)

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

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

Capacitor current and/or voltage shall be recorded during the test.

c) Electrical breakdown of the element (second method)

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

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

Capacitor current and/or voltage shall be recorded during the test.

d) Electrical breakdown of the element (third method)

A small part of an element (or of several elements) in a unit is removed at the time of manufacture and replaced with a weaker dielectric. For example: 10 cm² to 20 cm² of a film-paper-film dielectric is cut out and replaced with two thin papers.

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 shall be maintained for several seconds (minimum 10 s) after a breakdown to ensure the fuse has disconnected correctly unaided by disconnection of the power supply.

In special cases, it may be necessary to extend the tests until two or more breakdowns of capacitor elements have occurred. The number of breakdowns at each voltage limit in such cases should be subject to agreement between the manufacturer and the purchaser. If the number of breakdowns is exceeded, the voltages state in 2.17.7 may have to be increased.

NOTE1 – Precautions should be taken when performing this test against the possible explosion of a capacitor unit.

NOTE 2 – It is recommended to discharge all the series element groups after each test if the capacitor has internal element series connections.

2.17.5 Capacitance measurement

After the test, 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.

2.17.6 Visual checking

After the disconnecting test, no significant deformation of the container shall be apparent.

2.17.7 Voltage test

The unit shall withstand for 10 s, without further operation of fuses, a withstand test voltage. This withstand test voltage should normally be equal to the test voltage specified in table 2, unless otherwise agreed by the manufacturer and the purchaser in accordance with the provisions of 2.17.4 d).

2.18 Mesures de décharge partielle (essais de type facultatifs)

Après accord entre utilisateur et constructeur, un essai visant à établir que le niveau de décharges partielles n'affecte pas la durée de vie des condensateurs peut être réalisé.

3 Surcharges

3.1 Tension maximale admissible

Les condensateurs unitaires doivent s'adapter à un fonctionnement pour des niveaux de tension et des durées correspondant au tableau 7 sans aucune réduction de temps significative.

Tableau 7 – Tension maximale admissible

Surtension	Durée maximale à la journée	Observation
1,1 U_N	30 % de la durée de charge	Régulation du système
1,15 U_N	30 min	Régulation du système
1,2 U_N	5 min	Régulation du système
1,3 U_N	1 min	Régulation du système
NOTE – Une surtension égale à 1,5 U_N pendant 30 ms est autorisée 1 000 fois pendant la durée de vie du condensateur. Les amplitudes des surtensions qu'il est permis de tolérer sans réduction significative de la durée de vie du condensateur dépendent de leur durée, du nombre d'applications et de la température du condensateur. Ces valeurs présument également que les surtensions sont susceptibles d'apparaître lorsque la température interne du condensateur est inférieure à 0 °C, mais s'inscrit dans la catégorie de températures.		

4 Prescriptions de sécurité

4.1 Dispositif de décharge

L'utilisation de résistances de décharge ne convient pas à certains condensateurs électroniques de puissance. Si l'acheteur l'exige, chaque condensateur unitaire ou batterie de condensateurs doit être fourni avec des dispositifs permettant de décharger chaque unité en 3 min à 60 V ou moins, à partir d'une tension initiale U_N ou U_{NDC} .

Pour des condensateurs dont U_N ou $U_{NDC} \geq 1\,000$ V, le temps de décharge ne doit pas être supérieur à 10 min.

NOTE – Il convient de protéger les condensateurs sans résistance de décharge et présentant une énergie supérieure à 100 J par un court-circuit entre les bornes et entre les bornes et le boîtier avant la livraison.

Il ne doit exister aucun commutateur, coupe-circuit ou autre dispositif isolant entre le condensateur unitaire et ce dispositif de décharge.

Un dispositif de décharge ne remplace pas le court-circuit des bornes du condensateur ensemble et par rapport à la terre avant le maniement.

Les condensateurs connectés directement à d'autres matériels électriques fournissant un circuit de décharge doivent être considérés comme correctement déchargés, à condition que les caractéristiques du circuit garantissent la décharge du condensateur pendant le temps spécifié ci-dessus.

Les circuits de décharge doivent présenter une capacité conductrice adéquate pour décharger le condensateur à partir de la valeur crête de la surtension maximale.

2.18 Partial discharge measurements (optional type tests)

On agreement between the user and the manufacturer, a test may be performed to determine that the level of partial discharges does not affect the life performance of the capacitors.

3 Overloads

3.1 Maximum permissible voltage

Capacitor units shall be suitable for operation at voltage levels and duration according to table 7 without any significant reduction of time.

Table 7 – Maximum permissible voltage

Overvoltage	Maximum duration within one day	Observation
1,1 U_N	30 % of on-load duration	System regulation
1,15 U_N	30 min	System regulation
1,2 U_N	5 min	System regulation
1,3 U_N	1 min	System regulation

NOTE – An overvoltage equal to 1,5 U_N for 30 ms is permitted 1 000 times during the life of the capacitor.

The amplitudes of the overvoltages that may be tolerated without significant reduction in the life-time of the capacitor depend on their duration, the number of application, and the capacitor temperature.

In addition these values assume that the overvoltages may appear when the internal temperature of the capacitor is less than 0 °C but within the temperature category.

4 Safety requirements

4.1 Discharge device

The use of discharge resistors is not suitable for certain power electronic capacitors. When required by the purchaser, each capacitor unit or bank shall be provided with means for discharging each unit in 3 min to 60 V or less, from an initial voltage U_N or U_{NDC} .

For capacitors having U_N or $U_{NDC} \geq 1\,000$ V, the discharging time shall be not more than 10 min.

NOTE – Capacitors without discharge resistors and with energy above 100 J should be protected by a short circuit between terminals and terminals to case before delivery.

There shall be no switch, fuse cut-out, or any other isolating device between the capacitor unit and this discharge device.

A discharge device is not a substitute for short-circuiting the capacitor terminals together and to earth before handling.

Capacitors connected directly to other electrical equipment providing a discharge path shall be considered properly discharged, provided that the circuit characteristics are such as to ensure the discharge of the capacitor within the time specified above.

Discharge circuits shall have adequate current-carrying capacity to discharge the capacitor from the peak of the maximum overvoltage.

4.2 Connexions du boîtier

Pour permettre de fixer le potentiel du boîtier métallique du condensateur, et de supporter le courant de défaut en cas de claquage du boîtier, on doit fournir avec l'enveloppe une connexion adaptée au courant de défaut, ou une zone métallique non peinte, résistant à la corrosion et adaptable à une pince de connexion.

4.3 Protection de l'environnement

Lorsqu'un condensateur est imprégné de matières qui ne doivent pas être répandues dans l'environnement, des précautions doivent être prises. Dans certains pays, il existe des prescriptions légales à cet effet.

L'acheteur doit spécifier toute prescription spéciale concernant l'étiquetage s'appliquant au pays d'installation (voir 5.1.2).

4.4 Autres prescriptions de sécurité

L'acheteur doit spécifier au moment de l'enquête toute prescription spéciale relative aux réglementations de sécurité applicables au pays dans lequel le condensateur est destiné à être installé.

5 Marquages

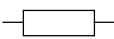
5.1 Marquage des unités

5.1.1 Plaque d'identification

Les informations suivantes doivent être indiquées sur la plaque d'identification de chaque condensateur unitaire:

- constructeur
- numéro d'identification et date de fabrication
- date de fabrication susceptible d'être intégrée au numéro d'identification ou d'apparaître sous une forme codée.
- C = μF
- Tol = %
- U_{NDC} ou U_N = V
- U_i = V alternative (si spécifiée, voir 1.3.19)
- P_{max} = W (facultatif)
- f_2 = Hz (facultatif)
- I_{max} = A (facultatif)
- $\hat{I}_s$ = A (le cas échéant)
- θ_{min} = °C
- θ_{max} = °C
- couple de serrage maximal = Nm (voir note 2)
- type de refroidissement et température (seulement pour refroidissement forcé – voir 1.4)
- CEI 61881

Les symboles suivants doivent être ajoutés, le cas échéant:

- pour un dispositif de décharge interne 

4.2 Case connections

To enable the potential of the metal container of the capacitor to be fixed, and to be able to carry the fault current in the event of a breakdown to the case, the case shall be provided with a connection suitable to carry the fault current, or with an unpainted non-corrodible metallic region suitable for a connecting clamp.

4.3 Protection of the environment

When the capacitor is impregnated with materials that shall not be dispersed into the environment, precautions shall be taken. In some countries, there exist legal requirements in this respect.

The purchaser shall specify any special requirements for labelling which apply to the country of installation (see 5.1.2).

4.4 Other safety requirements

The purchaser shall specify at the time of enquiry any special requirements with regard to the safety regulations that apply to the country in which the capacitor is to be installed.

5 Markings

5.1 Marking of the units

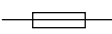
5.1.1 Rating plate

The following information shall be given on the rating plate of each capacitor unit:

- Manufacturer
- Identification number and manufacturing date.
- The date of manufacturing may be a part of identification number or be in code form.
- C = μF
- Tol = %
- U_{NDC} or U_{N} = V
- U_{i} = V a.c. (if specified, see 1.3.19)
- P_{max} = W (optional)
- f_2 = Hz (optional)
- I_{max} = A (optional)
- $\hat{I}_{\text{s}}$ = A (if any)
- θ_{min} = °C
- θ_{max} = °C
- maximum tightening torque = Nm (see note 2)
- type of cooling medium and temperature (only for forced cooling – see 1.4)
- IEC 61881

The following signs shall be added if applicable:

- for internal discharge device 

– pour un coupe-circuit ou un sectionneur interne 

– pour des condensateurs autorégénérateurs SH ou 

NOTE 1 – Il convient que l'emplacement des marquages sur le condensateur unitaire soit défini d'un commun accord par le constructeur et l'acheteur.

NOTE 2 – Dans le cas de petites unités qui ne se prêtent pas à l'indication des éléments ci-dessus sur la plaque d'identification, il est admis de faire figurer certains éléments dans une fiche d'instruction.

NOTE 3 – Des données complémentaires peuvent être ajoutées sur la plaque signalétique après accord entre le constructeur et l'acheteur.

5.1.2 Plaque d'avertissement

Si le condensateur unitaire contient une matière susceptible de polluer l'environnement ou de représenter un quelconque autre danger, l'unité doit être munie d'une étiquette conforme aux lois du pays de l'utilisateur, qui doit informer le constructeur de ces lois.

5.1.3 Fiche technique

La fiche technique doit indiquer les valeurs de $\tan \delta$ en fonction de la fréquence f_1 , f_2 et $P_{\max}$, en vue de l'évaluation des pertes des condensateurs.

6 Guide d'installation et de fonctionnement

6.1 Généralités

Les contraintes excessives et la surchauffe raccourcissent la durée de vie d'un condensateur; il convient donc de contrôler de façon stricte les conditions de fonctionnement (c'est-à-dire température, tension, courant et refroidissement).

En raison des différents types de condensateurs et des nombreux facteurs impliqués, il n'est pas possible de couvrir, par de simples règles, l'installation et le fonctionnement dans tous les cas possibles.

Les informations suivantes sont données concernant les points les plus importants à prendre en considération. En outre, les instructions du constructeur et des responsables de l'alimentation en énergie doivent être suivies.

Il existe sept applications majeures:

- protection contre les surtensions internes: condensateurs d'amortissement, chargés avec une partie des tensions sinusoïdales; il est permis d'alterner les deux tensions avec une certaine valeur de tension continue superposée;
- condensateurs de filtrage d'harmonique en courant continu généralement chargés avec une tension continue superposée sur une tension alternative non sinusoïdale;
- circuit de commutation: condensateurs de commutation, généralement chargés avec des tensions trapézoïdales;
- protection contre les surtensions externes en courant alternatif;
- protection contre les surtensions externes en courant continu;
- filtre d'harmonique en courant alternatif interne;
- stockage d'énergie en courant continu: condensateurs auxiliaires. Généralement alimentés en tension continue; chargés et déchargés périodiquement avec un courant de crête élevé.

– for internal fuse or disconnecter



– for self-healing capacitors SH or



NOTE 1 – The location of the markings on the capacitor unit should be defined on agreement between the manufacturer and the purchaser.

NOTE 2 – For small units where it is impracticable to indicate all the above items on the rating plate, certain items may be stated in an instruction sheet.

NOTE 3 – Additional data can be added to the rating plate on agreement between the manufacturer and the purchaser.

5.1.2 Warning plate

If the capacitor unit contains material that may pollute the environment or may be hazardous in any other way, the unit shall be equipped with a label according to the relevant laws of the country of the user, who shall inform the manufacturer of such law(s).

5.1.3 Data sheet

The data sheet shall give values for $\tan \delta$ as a function of frequency f_1 , f_2 and $P_{\max}$ for the evaluation of the losses in the capacitors.

6 Guide to installation and operation

6.1 General

Overstressing and overheating shorten the life of a capacitor, and therefore the operating conditions (i.e. temperature, voltage, current and cooling) should be strictly controlled.

Because of the different types of capacitor and the many factors involved, it is not possible to cover, using simple rules, installation and operation in all possible cases.

The following information is given with regard to the more important points to be considered. In addition, the instructions of the manufacturer and the power supply authorities shall be followed.

There are seven major applications:

- internal overvoltage protection: snubber capacitors, loaded with part of sinusoidal voltages; both voltages may alternate with a certain amount of superimposed direct voltage;
- d.c. harmonic filter capacitors generally loaded with a direct voltage superimposed with a non-sinusoidal alternating voltage;
- switching circuit: commutating capacitors, generally loaded with trapezoidal voltages;
- external a.c. overvoltage protection;
- External d.c. overvoltage protection;
- internal a.c. harmonic filter;
- d.c. energy storage: auxiliary capacitors. Generally supplied with direct voltage and periodically charged and discharged with high peak current.

6.2 Choix de la tension assignée

La tension assignée du condensateur doit être égale à la tension de crête récurrente, non pas tant en raison de la contrainte intrinsèque, mais parce que des valeurs élevées de dV/dt pour l'électronique de puissance sont susceptibles de générer des décharges partielles et des pertes affectant la durée de vie du condensateur.

La plupart des applications en électronique de puissance présentent des charges variables. Par conséquent, il est nécessaire que la tension assignée et les contraintes de tension réelles fassent l'objet de discussions approfondies entre le constructeur et l'utilisateur.

Il convient de faire fonctionner seulement en cas d'urgence les condensateurs simultanément à la tension maximale admissible et à la température de fonctionnement maximale, et uniquement pendant de courtes périodes de temps (voir tableau 7).

NOTE – Il est admis que le constructeur donne le diagramme de la tension applicable en fonction de la fréquence et de la température ambiante (θ_{amb}).

6.3 Température de fonctionnement

Il convient de prêter attention à la température de fonctionnement du condensateur, car elle a une grande influence sur sa durée de vie.

Une température dépassant θ_{max} accélère la dégradation électromécanique du diélectrique.

Une température inférieure à θ_{min} ou des passages très rapides du chaud au froid sont susceptibles de provoquer une dégradation par décharge partielle dans le diélectrique.

6.3.1 Installation

Les condensateurs doivent être installés de manière à permettre une dissipation adéquate par convection et rayonnement de la chaleur produite par les pertes du condensateur.

La ventilation de la salle de fonctionnement et la disposition des condensateurs unitaires doivent permettre une bonne circulation d'air autour de chaque unité. Cela présente une importance pour les unités montées en rangées les unes au-dessus des autres.

La température des condensateurs soumis à un rayonnement solaire ou à toute source de température élevée augmente.

Après l'installation, il est nécessaire de vérifier que la température du boîtier est inférieure à θ_{max} selon les conditions de service maximales (tension, courant et température de refroidissement).

En fonction de la température de l'air de refroidissement, de l'efficacité du refroidissement et de l'intensité ainsi que la durée du rayonnement, il peut être nécessaire d'adopter l'une des précautions suivantes:

- protéger le condensateur du rayonnement;
- choisir un condensateur conçu pour une température de l'air supérieure en service ou utiliser des condensateurs avec une tension assignée supérieure à celle définie en 1.4;
- un condensateur installé à haute altitude (plus de 1 200 m) sera soumis à une dissipation de chaleur moindre, élément qu'il convient de prendre en compte lorsque l'on détermine la puissance des unités.

6.2 Choice of rated voltage

The rated voltage of the capacitor shall be equal to the recurrent peak voltage, not so much because of the intrinsic stress, but because the high values of dV/dt in power electronics may induce partial discharge and losses which affect the capacitor life.

Most of the applications in power electronics show varying loads. Therefore it is necessary that the manufacturer and the user discuss the rated voltage and the true voltage stresses extensively.

Only in case of emergency should capacitors be operated at maximum permissible voltage and maximum operating temperature simultaneously, and then only for short periods of time (see table 7).

NOTE – The manufacturer may give the diagram of applicable voltage as a function of frequency and ambient temperature (θ_{amb}).

6.3 Operating temperature

Attention should be paid to the operating temperature of the capacitor, because this has a great influence on its life.

Temperature in excess of θ_{max} accelerates electromechanical degradation of the dielectric.

Temperature below θ_{min} or very rapid changes from hot to cold may initiate partial discharge degradation in the dielectric.

6.3.1 Installation

Capacitors shall be so placed that there is adequate dissipation by convection and radiation of the heat produced by the capacitor losses.

The ventilation of the operating room and the arrangement of the capacitor units shall provide good air circulation around each unit. This is of importance for units mounted in rows, one above the other.

The temperature of capacitors subjected to radiation from the sun or from any high temperature surface will be increased.

After installation it is necessary to verify that the temperature of the case be lower than θ_{max} with the maximum service conditions (voltage, current and cooling temperature).

Depending on the cooling air temperature, the efficiency of the cooling and the intensity and duration of the radiation, it may be necessary to adopt one of the following precautions:

- protect the capacitor from radiation;
- choose a capacitor designed for higher service air temperature or employ capacitors with rated voltage higher than that laid down in 1.4;
- capacitors installed at high altitudes (above 1 200 m) will be subjected to decrease heat dissipation; this should be considered when determining the power of the units.

6.3.2 Conditions de refroidissement inhabituelles

Dans des cas exceptionnels, il est admis que la température d'entrée (voir tableau 1) soit supérieure à 55 °C au maximum et on doit utiliser des condensateurs de conception spécifique ou avec une tension assignée supérieure.

6.4 Conditions de service particulières

Mise à part une température ambiante élevée, d'autres conditions d'utilisation adverses sont susceptibles d'apparaître dans les pays tropicaux. Lorsque l'acheteur connaît ce type de conditions, il convient d'en informer le constructeur au moment de la commande des condensateurs.

Il convient également de donner ces informations aux fournisseurs de tous les matériels associés en vue de l'installation du condensateur.

6.5 Surtensions

Les facteurs de surtension sont spécifiés en 3.1.

Avec l'accord du constructeur, il est permis d'augmenter le facteur de surtension si le nombre de surtensions estimé est inférieur, ou si les conditions de température sont moins sévères.

Il convient de protéger de manière adéquate les condensateurs susceptibles d'être soumis à des surtensions de foudre élevées. Si l'on utilise des parafoudres, il convient de les placer aussi près que possible des condensateurs.

Des surtensions transitoires survenant dans des conditions de service inhabituelles sont susceptibles d'imposer le choix de condensateurs de valeurs nominales plus élevées.

Lorsque des surtensions sont supérieures aux valeurs autorisées dans le tableau 7 (c'est-à-dire des condensateurs directement connectés au réseau), un essai de tension supérieure peut être demandé, après accord entre le constructeur et l'utilisateur.

6.6 Courants de surcharge

Il convient de ne jamais appliquer aux condensateurs en fonctionnement un courant dépassant les valeurs maximales définies en 1.3.20, 1.3.21 et 1.3.22.

Il se peut que des surintensités transitoires d'amplitude et de fréquence élevées apparaissent lorsque des condensateurs sont connectés dans le circuit ou lorsque l'équipement est commuté.

Il peut être nécessaire de réduire ces surintensités transitoires à des valeurs acceptables en relation avec le condensateur et l'équipement.

Si les condensateurs sont fournis avec des fusibles (internes ou externes), la valeur crête des surintensités dues aux opérations de commutation doit être limitée à la valeur de $\hat{I}_S$.

6.7 Dispositifs de commutation et de protection

Les dispositifs de commutation et de protection ainsi que les connexions doivent être capables de résister aux contraintes électrodynamiques et thermiques provoquées par les surintensités transitoires d'amplitude et de fréquence élevées, susceptibles d'apparaître lors de la mise en circuit ou dans d'autres circonstances.

6.3.2 Unusual cooling conditions

In exceptional cases, the inlet temperature (see table 1) may be higher than 55 °C maximum and capacitors of special design or with a higher rated voltage shall be used.

6.4 Special service conditions

Apart from high ambient temperature, other adverse conditions of use are liable to be encountered in tropical countries. When the purchaser is aware of such conditions, the manufacturer should be informed when the capacitors are ordered.

This information should also be given to the suppliers of all associated equipment for the capacitor installation.

6.5 Overvoltages

Overvoltage factors are specified in 3.1.

With the manufacturer's agreement, the overvoltage factor may be increased if the estimated number of overvoltages is lower, or if the temperature conditions are less severe.

Capacitors that are liable to be subjected to high lightning overvoltages should be adequately protected. If lightning arresters are used, they should be located as near as possible to the capacitors.

Transient overvoltages during unusual service conditions may enforce the choice of higher rated capacitors.

When overvoltages are higher than those permitted in table 7 (i.e. capacitors directly connected to the line) a higher voltage test may be required, on agreement between the manufacturer and the user.

6.6 Overload currents

Capacitors should never be operated with currents exceeding the maximum values defined in 1.3.20, 1.3.21 and 1.3.22.

Transient overcurrents of high amplitude and frequency may occur when capacitors are switched into the circuit or the equipment is switched. It may be necessary to reduce these transient overcurrents to acceptable values in relation to the capacitor and to the equipment.

If the capacitors are provided with fuses (internal or external), the peak value of the overcurrents due to switching operations shall be limited to the value of $\hat{I}_s$.

6.7 Switching and protective devices

Switching and protective devices and connections shall be capable of withstanding the electrodynamics and thermal stresses caused by the transient overcurrents of high amplitude and frequency that may occur when switching on, or otherwise.

Si la prise en compte des contraintes électrodynamiques et thermiques entraîne des dimensions excessives, il convient de prendre des précautions spéciales dans le but d'assurer une protection contre les surintensités.

NOTE – Il convient, en particulier, de choisir des fusibles possédant une capacité thermique adéquate.

6.8 Choix des lignes de fuite et des distances d'isolement

A l'étude.

6.9 Connexions

Les connexions établissant la liaison vers le condensateur sont capables de dissiper la chaleur du condensateur. Dans d'autres cas elles sont susceptibles de transférer la chaleur générée au niveau de connexions extérieures dans le condensateur.

Par conséquent, il est nécessaire de toujours appliquer aux connexions établissant la liaison avec les condensateurs un refroidissement supérieur à celui du condensateur lui-même.

Un mauvais contact au niveau des circuits de condensateurs est susceptible de provoquer la formation d'un arc, occasionnant des oscillations à haute fréquence qui peuvent surchauffer ou soumettre les condensateurs à des contraintes excessives.

L'examen régulier de tous les contacts du matériel du condensateur et des connexions de condensateur est donc recommandé.

6.10 Connexions parallèles des condensateurs

Il est nécessaire d'apporter un soin particulier à la conception des circuits dans le cas de condensateurs connectés en parallèle, car il existe deux risques éventuels:

- a) la division du courant dépend de faibles différences de résistance et d'inductance dans les trajets de courant, de telle façon que l'un des condensateurs est susceptible d'être facilement surchargé;
- b) en raison des fréquences élevées souvent rencontrées dans le domaine de l'électronique de puissance, il convient généralement de concevoir les interconnexions avec une inductance et une résistance faibles.

Par conséquent, quand un condensateur subit un court-circuit, l'énergie totale des condensateurs en parallèle est rapidement dissipée au point de claquage.

Généralement, il est impossible de déconnecter les unités avec un fusible limiteur de courant.

Des précautions spéciales doivent être prises dans ce cas.

6.11 Connexions de condensateurs en série

En raison des variations au niveau des résistances d'isolement des unités, il convient que la division de tension correcte entre les unités soit assurée par des diviseurs de tension à résistances.

Pour des tensions alternatives et une application de courant continu intermittente avec de longues périodes d'arrêt, aucun diviseur spécial n'est nécessaire car les dispositifs de décharge intégrale déchargent toute charge résiduelle.

La tension d'isolement des unités doit être adaptée au montage en série.

If consideration of electrodynamic and thermal stress would lead to excessive dimensions, special precautions, for the purpose of protection against overcurrents, should be taken.

NOTE – Fuses in particular, should be chosen with an adequate thermal capacity.

6.8 Choice of creepage distance and clearance

Under consideration.

6.9 Connections

The current leads into the capacitor are capable of dissipating heat from the capacitor. Equally they are capable of transferring heat generated in outer connections into the capacitor.

Therefore it is necessary to keep the connections leading to the capacitors always cooler than the capacitor itself.

Any bad contacts in capacitor circuits may give rise to arcing, causing high-frequency oscillations that may overheat and overstress the capacitors.

Regular inspection of all capacitor equipment contacts and capacitor connections is therefore recommended.

6.10 Parallel connections of capacitors

Special care is necessary when designing circuits with capacitors connected in parallel, because there are two possible dangers:

- a) the current splitting depends on slight differences in resistance and inductance in the current paths, so that one of the capacitors may be easily overloaded;
- b) because of the high frequencies often encountered in power electronics, interconnections should usually be designed for low inductance and resistance.

As a consequence, when one capacitor fails by a short circuit, the complete energy of the parallel capacitors will be rapidly dissipated at the point of breakdown.

Usually, it is impossible to disconnect the units by a current limiting fuse.

Special precautions have to be made in this case.

6.11 Series connections of capacitors

Because of variations in the insulation resistance of units, the correct voltage sharing between units should be ensured by resistive voltage dividers.

AC voltages and intermittent d.c. application having long OFF periods need no special dividers, as the integral discharge devices will discharge any residual charge.

The insulation voltage of the units shall be appropriate for the series arrangement.

6.12 Pertes magnétiques et courants de Foucault

Il est possible que les forts champs magnétiques des conducteurs en électronique de puissance provoquent une magnétisation alternative des boîtiers magnétiques et des courants de Foucault dans une pièce métallique quelconque, produisant ainsi de la chaleur.

Par conséquent, il est nécessaire, premièrement, de placer les condensateurs à une distance raisonnable des conducteurs de courant élevé, et deuxièmement d'éviter l'utilisation, dans la mesure du possible, de matériaux magnétiques.

6.13 Guide pour la protection par coupe-circuit à fusibles et sectionneur

Le fusible est connecté en série avec l'élément qu'il est destiné à isoler en cas de défaillance de cet élément.

Après le claquage d'un élément, le fusible connecté saute, et l'isole de la partie restante du condensateur, ce qui permet à l'unité de continuer à fonctionner. Le claquage d'un ou plusieurs fusibles provoque des variations de tension dans la batterie, lorsque des connexions en série sont utilisées.

La tension aux bornes de la ou des unités saines ne doit pas dépasser la valeur indiquée en 2.17.

En fonction de la connexion interne des unités, le claquage d'un ou plusieurs fusibles est également susceptible de provoquer une variation de tension au sein de l'unité.

Les éléments restants dans un groupe en série ont une tension de fonctionnement plus élevée et le constructeur doit, sur demande, donner des indications sur l'augmentation de tension provoquée par le claquage de fusibles.

En raison des propriétés d'autorégénération des condensateurs, les claquages ne sont pas dangereux et n'augmentent pas le courant de façon significative. Mais, en cas d'augmentation de la pression (par exemple provoquée par une instabilité thermique susceptible d'apparaître à la fin de la durée de vie du condensateur, ou, dans certains cas, par un nombre excessif de claquages autorégénérateurs, dus à des surcharges extrêmes), le condensateur de puissance autorégénérateur doit être protégé par un disconnecteur de surpression ou un détecteur de surpression.

Le comportement d'un disconnecteur de surpression ou d'un détecteur de surpression externe dépend du nombre d'unités connectées en parallèle. Le constructeur doit, sur demande, donner des indications sur le nombre maximal d'unités à placer en connexion parallèle.