

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60110-1

Première édition
First edition
1998-06

**Condensateurs de puissance
pour les installations de génération de chaleur
par induction –**

**Partie 1:
Généralités**

**Power capacitors for induction
heating installations –**

**Part 1:
General**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 60110-1: 1998

Numéros des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60 000.

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 60 000 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**

60110-1

Première édition
First edition
1998-06

**Condensateurs de puissance
pour les installations de génération de chaleur
par induction –**

**Partie 1:
Généralités**

**Power capacitors for induction
heating installations –**

**Part 1:
General**

© IEC 1998 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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

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

International Electrotechnical Commission
Telefax: +41 22 919 0300

3, rue de 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

U

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.....	16
2 Prescriptions de qualité et essais	18
2.1 Prescriptions relatives aux essais.....	18
2.2 Classification des essais	20
2.3 Mesure de la capacité	22
2.4 Mesure de la tangente de l'angle de pertes ($\tan \delta$) d'un condensateur.....	22
2.5 Essai diélectrique entre bornes (essai individuel).....	24
2.6 Essai diélectrique entre bornes et cuve	24
2.7 Contrôle du dispositif de décharge interne.....	26
2.8 Essai d'étanchéité	26
2.9 Essai de stabilité thermique.....	26
2.10 Mesure des pertes du condensateur.....	30
2.11 Variation de la capacité en fonction de la température	32
2.12 Essai d'étanchéité des conduites de refroidissement éventuelles.....	32
2.13 Essai d'autorégénération (pour les condensateurs autorégénérateurs à diélectrique métallisé)	34
2.14 Essai de décharge en court-circuit.....	34
2.15 Essai de vieillissement (voir CEI 60110-2)	34
2.16 Essai de destruction (voir CEI 60110-2).....	34
2.17 Essai de déconnexion des fusibles internes éventuels (voir CEI 60110-2)	34
3 Surcharges	36
3.1 Tension maximale admissible.....	36
3.2 Surtensions de manoeuvre.....	36
3.3 Courant maximal admissible.....	36
4 Prescriptions de sécurité	38
4.1 Lignes de fuite	38
4.2 Dispositif de décharge.....	38
4.3 Connexions à l'enveloppe.....	38
4.4 Protection de l'environnement	38
4.5 Autres règles de sécurité.....	38
5 Marquages.....	40
5.1 Marquage du condensateur unitaire.....	40
5.2 Marquage des batteries.....	42

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	17
2 Quality requirements and tests	19
2.1 Test requirements	19
2.2 Classification of tests	21
2.3 Capacitance measurement.....	23
2.4 Measurement of the tangent of the loss angle ($\tan \delta$) of a capacitor	23
2.5 Voltage test between terminals (routine test)	25
2.6 Voltage test between terminals and container	25
2.7 Test on internal discharge device	27
2.8 Sealing test.....	27
2.9 Thermal stability test	27
2.10 Capacitor losses test.....	31
2.11 Capacitance as a function of temperature.....	33
2.12 Sealing test of cooling ducts, if any.....	33
2.13 Self-healing test (for self-healing metallized dielectric capacitors)	35
2.14 Short-circuit discharge test.....	35
2.15 Ageing test (see IEC 60110-2).....	35
2.16 Destruction test (see IEC 60110-2).....	35
2.17 Disconnecting tests on internal fuses, if any (see IEC 60110-2)	35
3 Overloads	37
3.1 Maximum permissible voltage.....	37
3.2 Switching voltages	37
3.3 Maximum permissible current.....	37
4 Safety requirements	39
4.1 Creepage distances	39
4.2 Discharge device	39
4.3 Container connections.....	39
4.4 Protection of the environment.....	39
4.5 Additional safety requirements	39
5 Markings	41
5.1 Marking of the capacitor unit	41
5.2 Marking of the bank	43

Articles	Pages
6 Guide d'installation et d'exploitation.....	42
6.1 Généralités	42
6.2 Dispositions permettant d'obtenir un refroidissement convenable.....	42
6.3 Choix de la tension assignée, du courant assigné et de la puissance assignée .	44
6.4 Condensateurs pour manoeuvres fréquentes en charge.....	44
6.5 Choix de l'appareillage et des méthodes de manoeuvre pour manoeuvres en charge.....	44
6.6 Manoeuvres des condensateurs munis de fusibles	46
6.7 Fonctionnement en fréquence variable	48
6.8 Choix de la «tension la plus élevée pour le matériel» d'une batterie de condensateurs.....	48
6.9 Condensateurs shunt raccordés en série.....	48
6.10 Condensateurs série	48
6.11 Conducteurs de raccordement.....	48
6.12 Parties sous tension de l'alimentation en eau	50
6.13 Supports isolants	50
6.14 Danger de gel pour les condensateurs à refroidissement par eau	50
Annexe A (normative) Méthodes de mesure des pertes sur les condensateurs à circulation d'air naturelle et à circulation d'air forcée	52
Annexe B (informative) Formules pour les condensateurs et les installations.....	54
Annexe C (informative) Bibliographie	58

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60110-1:1998

Clause	Page
6 Guide for installation and operation	43
6.1 General.....	43
6.2 Measures to obtain adequate cooling.....	43
6.3 Choice of rated voltage, current and output	45
6.4 Capacitors for frequent switching on load	45
6.5 Choice of switchgear and switching methods for switching on load.....	45
6.6 Switching of capacitors with fuses	47
6.7 Operation with varying frequency.....	49
6.8 Choice of the highest voltage for equipment of a capacitor bank	49
6.9 Shunt capacitors connected in series	49
6.10 Series capacitors	49
6.11 Connecting leads	49
6.12 Live parts along water supply	51
6.13 Post insulators	51
6.14 Danger of freezing for water cooled capacitors	51
Annex A (normative) Methods of measuring the losses on air-cooled self-and forced-ventilated capacitors	53
Annex B (informative) Formulae for capacitors and installations.	55
Annex C (informative) Bibliography	59

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60110-1:1998

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

CONDENSATEURS DE PUISSANCE POUR LES INSTALLATIONS DE GÉNÉRATION DE CHALEUR PAR INDUCTION –

Partie 1: Généralités

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 recommandation de la CEI et la norme nationale 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 60110-1 a été établie par le comité d'études 33 de la CEI: Condensateurs de puissance.

Cette première édition annule et remplace la CEI 60110, parue en 1973, dont elle constitue une révision technique.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
33/289/FDIS	33/291/RVD

Le rapport de vote indiqué dans le tableau ci-dessus donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette norme.

L'annexe A fait partie intégrante de cette norme.

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

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**POWER CAPACITORS FOR INDUCTION
HEATING INSTALLATIONS –****Part 1: General****FOREWORD**

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

International Standard IEC 60110-1 has been prepared by IEC technical committee 33: Power capacitors.

This first edition cancels and replaces IEC 60110, published in 1973, of which it constitutes a technical revision.

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

FDIS	Report on voting
33/289/FDIS	33/291/RVD

Full information on the voting for the approval of this standard can be found in the report on voting indicated in the above table.

Annex A forms an integral part of this standard.

Annexes B and C are for information only.

CONDENSATEURS DE PUISSANCE POUR LES INSTALLATIONS DE GÉNÉRATION DE CHALEUR PAR INDUCTION –

Partie 1: Généralités

1 Généralités

1.1 Domaine d'application et objet

La présente partie de la CEI 60110 s'applique aux condensateurs unitaires de type intérieur et aux batteries de condensateurs de type intérieur, destinés plus particulièrement à améliorer le facteur de puissance dans les installations de génération de chaleur par induction, les installations de fusion, de brassage, de coulage et les applications similaires. Ces installations sont alimentées par une tension alternative contrôlée ou réglable dans une gamme de fréquences allant jusqu'à 50 kHz et avec une tension assignée ne dépassant pas 3,6 kV.

Les prescriptions complémentaires pour les condensateurs protégés par des fusibles internes sont données dans la CEI 60110-2.

Les condensateurs suivants sont exclus de cette norme:

- les condensateurs série destinés à être installés sur des réseaux (voir CEI 60143);
- les condensateurs pour applications sur moteurs et condensateurs analogues (voir CEI 60252);
- les condensateurs de couplage et diviseurs capacitifs (voir CEI 60358);
- les 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);
- les condensateurs shunt de puissance destinés à être installés sur des réseaux à courant alternatif de tension assignée supérieure à 1 000 V (voir CEI 60871);
- les condensateurs shunt non autorégénérateurs destinés à être utilisés sur des réseaux à courant alternatif de tension assignée inférieure ou égale à 1 000 V (voir CEI 60931);
- les petits condensateurs pour courant alternatif utilisés avec les lampes fluorescentes et à décharge (voir CEI 61048 et CEI 61049);
- les condensateurs utilisés sur les circuits électroniques de puissance (voir CEI 61071);
- les condensateurs pour les fours à micro-ondes (voir CEI 61270);
- les condensateurs d'antiparasitage radioélectrique (à l'étude);
- les condensateurs utilisés sur du courant continu en présence de courant alternatif superposé.

Les accessoires tels que les isolateurs, interrupteurs, transformateurs de mesure, fusibles, etc., doivent être conformes aux normes particulières de la CEI.

La présente norme a pour objet

- a) de formuler des règles uniformes pour les performances, les essais et les caractéristiques assignées;
- b) de formuler des règles spécifiques de sécurité;
- c) de fournir un guide pour l'installation et l'utilisation.

POWER CAPACITORS FOR INDUCTION HEATING INSTALLATIONS –

Part 1: General

1 General

1.1 Scope and object

This part of IEC 60110 is applicable both to indoor capacitor units and indoor capacitor banks intended to be used, particularly, for power factor correction in induction heating, melting, stirring or casting installations, and similar applications with controlled or adjustable a.c. voltage systems in a frequency range up to 50 kHz, and with a rated voltage not exceeding 3,6 kV.

Additional requirements for capacitors protected by internal element fuses are given in IEC 60110-2.

The following capacitors are excluded from this standard:

- series capacitors for power systems (see IEC 60143);
- capacitors for motor applications and the like (see IEC 60252);
- coupling capacitors and capacitor dividers (see IEC 60358);
- 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);
- shunt capacitors for a.c. power systems having a rated voltage above 1 000 V (see IEC 60871);
- shunt capacitors of the non-self-healing type for a.c. systems having a rated voltage up to and including 1 000 V (see IEC 60931);
- small a.c. capacitors to be used for fluorescent and discharge lamps (see IEC 61048 and IEC 61049);
- capacitors to be used in power electronic circuits (see IEC 61071);
- capacitors for microwave ovens (see IEC 61270);
- capacitors for suppression of radio interference (under consideration);
- capacitors intended for use with d.c. voltage superimposed on the a.c. voltage.

Accessories such as insulators, switches, instrument transformers, fuses, etc., shall be in accordance with the relevant IEC standards.

The object of this standard is:

- a) to formulate uniform rules regarding performance, testing and rating;
- b) to formulate specific safety rules;
- c) to provide a guide for installation and operation.

1.2 Références normatives

Les documents normatifs suivants contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente partie de la CEI 60110. Au moment de la publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Tout document normatif est sujet à révision et les parties prenantes aux accords fondés sur la présente partie de la CEI 60110 sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

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

CEI 60110-2, — *Condensateurs pour les installations de génération de chaleur par induction – Partie 2: Essai d'endurance, essai de destruction, prescriptions pour la déconnexion des fusibles internes* ¹⁾

CEI 60143, *Condensateurs série destinés à être installés sur des réseaux*

CEI 60831, — *Condensateurs shunt de puissance autorégénérateurs pour réseaux à courant alternatif de tension assignée inférieure ou égale à 1 000 V*

CEI 60871, — *Condensateurs shunt destinés à être installés sur des réseaux à courant alternatif avec tension assignée supérieure à 1 000 V*

CEI 60931, — *Condensateurs shunt de puissance non autorégénérateurs pour réseaux à courant alternatif de tension assignée inférieure ou égale à 1 000 V*

CEI 60996:1989, *Méthode de vérification de la précision des mesures de la tangente de l'angle de pertes applicable aux condensateurs*

1.3 Définitions

Pour les besoins de la présente partie de la CEI 60110, les définitions suivantes s'appliquent.

1.3.1

élément (de condensateur)

dispositif constitué essentiellement par deux électrodes séparées par un diélectrique. [VEI 436-01-03]

1.3.2

condensateur unitaire unité (de condensateur)

ensemble d'un ou plusieurs éléments de condensateurs placés dans une même enveloppe et reliés à des bornes de sortie. [VEI 436-01-04]

1.3.3

condensateur autorégénérateur

condensateur dont les propriétés électriques sont rapidement et pratiquement rétablies, après une perforation locale du diélectrique. [VEI 436-03-12]

¹⁾ A publier

1.2 Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in the text, constitute provisions of this part of IEC 60110. At the time of publication, the editions indicated were valid. All normative documents are subject to revision, and parties to agreements based on this part of IEC 60110 are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the normative documents indicated below. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

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

IEC 60110-2, — *Power capacitors for induction heating installations – Part 2: Ageing test, destruction test and requirements for disconnecting internal fuses* ¹⁾

IEC 60143, *Series capacitors for power systems*

IEC 60831, — *Shunt power capacitors of the self-healing type for a.c. systems having a rated voltage up to and including 1 000 V*

IEC 60871, — *Shunt capacitors for a.c. power systems having a rated voltage above 1 000 V*

IEC 60931, — *Shunt power capacitors of the non-self-healing type for a.c. systems having a rated voltage up to and including 1 000 V*

IEC 60996:1989, *Method for verifying accuracy of tan delta measurements applicable to capacitors*

1.3 Definitions

For the purpose of this part of IEC 60110, the following definitions apply:

1.3.1

(capacitor) element

device consisting essentially of two electrodes separated by a dielectric. [IEV 436-01-03]

1.3.2

(capacitor) unit

assembly of one or more capacitor elements in the same container with terminals brought out. [IEV 436-01-04]

1.3.3

self-healing capacitor

capacitor the electric properties of which, after local breakdown of the dielectric, are rapidly and essentially restored. [IEV 436-03-12]

¹⁾ To be published

1.3.4

batterie (de condensateurs)

ensemble de condensateurs unitaires raccordés de façon à agir conjointement. [VEI 436-01-06]

1.3.5

condensateur

dans la présente norme, le terme «condensateur» est utilisé lorsqu'il n'est pas nécessaire de préciser les différentes significations des expressions «condensateur unitaire» ou «batterie de condensateurs».

1.3.6

installation de condensateurs

une ou plusieurs batteries de condensateurs et leurs accessoires. [VEI 436-01-07]

1.3.7

dispositif de décharge (d'un condensateur)

dispositif pouvant être incorporé dans un condensateur et capable de ramener pratiquement à zéro, en un temps spécifié, la tension entre bornes de celui-ci, lorsque le condensateur a été déconnecté du réseau. [VEI 436-03-15 modifiée]

1.3.8

fusible interne (d'un condensateur)

fusible monté à l'intérieur d'une unité de condensateur et relié en série avec un élément ou avec un groupe d'éléments. [VEI 436-03-16 modifiée]

1.3.9

dispositif à surpression (d'un condensateur)

dispositif conçu pour donner une alarme ou déconnecter le condensateur en cas d'augmentation anormale de la pression interne de ce dernier. [VEI 436-03-17 modifiée]

1.3.10

dispositif thermique (d'un condensateur)

dispositif conçu pour donner une alarme ou déconnecter le condensateur en cas d'augmentation anormale de la température interne de ce dernier

1.3.11

borne de ligne

borne destinée à être raccordée au réseau. [VEI 436-03-01 modifiée]

1.3.12

capacité assignée (d'un condensateur) (C_N)

valeur de la capacité pour laquelle le condensateur a été conçu. [VEI 436-01-12 modifiée]

1.3.13

puissance assignée d'un condensateur (Q_N)

puissance réactive déduite des valeurs assignées de la capacité, de la fréquence et de la tension. [VEI 436-01-16 modifiée]

1.3.14

tension assignée (d'un condensateur) (U_N)

valeur efficace de la tension alternative sinusoïdale pour laquelle le condensateur a été conçu. [VEI 436-01-15 modifiée]

1.3.4**(capacitor) bank**

number of capacitor units connected so as to act together. [IEV 436-01-06]

1.3.5**capacitor**

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

1.3.6**capacitor installation**

one or more capacitor banks and their accessories. [IEV 436-01-07]

1.3.7**discharge device (of a capacitor)**

device which may be incorporated in a capacitor, capable of reducing the voltage between the terminals practically to zero, within a given time, after the capacitor has been disconnected from a network. [IEV 436-03-15 modified]

1.3.8**internal fuse (of a capacitor)**

fuse connected inside a capacitor unit, in series with an element or a group of elements. [IEV 436-03-16]

1.3.9**overpressure device (of a capacitor)**

device designed to give an alarm or to switch off the capacitor in the case of an abnormal increase of the internal pressure. [IEV 436-03-17 modified]

1.3.10**overtemperature device (of a capacitor)**

device designed to give an alarm or to switch off the capacitor in case of an abnormal increase of the internal temperature.

1.3.11**line terminal**

terminal to be connected to the line. [IEV 436-03-01 modified]

1.3.12**rated capacitance (of a capacitor) (C_N)**

capacitance value for which the capacitor has been designed. [IEV 436-01-12 modified]

1.3.13**rated output (of a capacitor) (Q_N)**

reactive power derived from the rated values of capacitance, frequency and voltage. [IEV 436-01-16 modified]

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

r.m.s. value of the alternating voltage, sinusoidal form, for which the capacitor has been designed. [IEV 436-01-15 modified]

1.3.15

fréquence assignée (d'un condensateur) (f_N)

fréquence pour laquelle le condensateur a été conçu. [VEI 436-01-14]

NOTE – Si le condensateur est destiné à être utilisé dans une gamme de fréquences, f_N est alors la fréquence la plus élevée de la gamme.

1.3.16

courant assigné (d'un condensateur) (I_N)

valeur efficace du courant alternatif sinusoïdal pour laquelle le condensateur a été conçu. [VEI 436-01-13 modifiée]

1.3.17

pertes d'un condensateur

puissance active dissipée dans le condensateur. [VEI 436-04-10]

NOTE – Il convient de prendre en compte tous les composants donnant lieu à des pertes, par exemple:

- pour un condensateur unitaire, les pertes des diélectriques, fusibles internes, résistances de décharge internes, connexions, etc.;
- pour une batterie de condensateurs, les pertes des condensateurs unitaires, fusibles externes, jeux de barres, résistances de décharge, etc.

1.3.18

tangente de l'angle de perte (d'un condensateur)

$\tan \delta$ (abréviation)

rapport entre la résistance-série équivalente et la réactance capacitive du condensateur dans des conditions spécifiées de fréquence et de tension alternative sinusoïdale. [VEI 436-04-11]

1.3.19

tension alternative maximale admissible (d'un condensateur) ($U_{\max}$)

valeur efficace maximale de la tension alternative que le condensateur peut supporter pendant un temps déterminé dans des conditions spécifiées. [VEI 436-04-07 modifiée]

1.3.20

courant alternatif maximal admissible (d'un condensateur) ($I_{\max}$)

valeur efficace maximale du courant alternatif que le condensateur peut supporter pendant un temps déterminé dans des conditions spécifiées. [VEI 436-04-09 modifiée]

1.3.21

température de l'air ambiant

température de l'air à l'emplacement prévu pour le condensateur

1.3.22

température de l'air de refroidissement

température de l'air de refroidissement mesurée à l'état stable à l'endroit le plus chaud de la batterie, à mi-distance entre deux unités. S'il s'agit d'une seule unité, c'est la température mesurée à 0,1 m environ de la cuve du condensateur et aux deux tiers de la hauteur à partir de sa base.

1.3.23

état stable

équilibre thermique atteint par le condensateur dans des conditions constantes de puissance et de refroidissement

1.3.24

tension résiduelle

tension restant entre les bornes d'un condensateur après écoulement d'une période donnée consécutivement à la mise hors service

1.3.15**rated frequency (of a capacitor) (f_N)**

frequency for which the capacitor has been designed. [IEV 436-01-14]

NOTE – If the capacitor is intended to be used in a range of frequencies, then f_N is the highest frequency of the range.

1.3.16**rated current (of a capacitor) (I_N)**

r.m.s. value of the alternating current, sinusoidal form, for which the capacitor has been designed. [IEV 436-01-13 modified]

1.3.17**capacitor losses**

active power dissipated in the capacitor. [IEV 436-04-10]

NOTE – All loss-producing components should be included, for example:

- for a unit, losses from dielectric, internal fuses, internal discharge resistors, connections, etc.;
- for a bank, losses from unit, external fuses, busbars, discharge resistors, etc.

1.3.18**tangent of the loss angle (of a capacitor)**

$\tan \delta$ (abbreviation)

ratio between the equivalent series resistance and the capacitive reactance of the capacitor at specified sinusoidal alternating voltage and frequency. [IEV 436-04-11]

1.3.19**maximum permissible a.c. voltage (of a capacitor) ($U_{\max}$)**

maximum r.m.s. alternating voltage which a capacitor can withstand for a given time in specified conditions. [IEV 436-04-07 modified]

1.3.20**maximum permissible a.c. current (of a capacitor) ($I_{\max}$)**

maximum r.m.s. alternating current which a capacitor can carry for a given time in specified conditions. [IEV 436-04-09 modified]

1.3.21**ambient air temperature**

air temperature at the proposed location of the capacitor

1.3.22**cooling air temperature**

temperature of the cooling air measured at the hottest position in the bank, 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 two-thirds of the height from its base.

1.3.23**steady-state condition**

thermal equilibrium attained by the capacitor at constant output and at constant cooling conditions

1.3.24**residual voltage**

voltage remaining between the terminals of a capacitor at a given time following disconnection of the supply

1.3.25

tension la plus élevée pour le matériel (U_m)

valeur efficace de la tension sinusoïdale pour laquelle l'isolation entre les bornes, raccordées entre elles, et l'enveloppe est prévue

NOTE – Pour des informations supplémentaires, voir 6.8.

1.3.26

température de l'air autour des condensateurs refroidis à l'eau

température de l'air mesurée au point le plus chaud, 0,05 m au-dessus des condensateurs, lorsque ceux-ci sont en service

1.3.27

température de l'air à la sortie pour les condensateurs à circulation forcée

température de l'air de refroidissement mesurée à l'emplacement le plus chaud, lorsque l'air quitte les condensateurs

1.3.28

température de l'air à l'entrée pour les condensateurs à circulation forcée

température de l'air de refroidissement mesurée au milieu de la canalisation d'entrée d'air en un point non influencé par la chaleur dissipée par les condensateurs

1.3.29

échauffement de l'enveloppe pour les condensateurs à refroidissement par air

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

1.4 Conditions de service

1.4.1 Conditions normales de service

La présente norme donne les prescriptions relatives aux condensateurs destinés à être utilisés dans les conditions suivantes.

1.4.1.1 Tension résiduelle lors de la mise en service

Elle ne doit pas être supérieure à 10 % de la tension assignée (voir 1.3.14).

1.4.1.2 Altitude

Elle ne doit pas dépasser 1 000 m.

1.4.1.3 Catégories de température

Les condensateurs sont classés en catégories de températures, chaque catégorie étant caractérisée par la température minimale du condensateur à laquelle celui-ci peut être mis sous tension, choisie parmi les trois valeurs de -25 °C , -10 °C , 0 °C et la température maximale du fluide de refroidissement, dont la valeur est choisie dans le tableau ci-après.

1.3.25**highest voltage for equipment (U_m)**

r.m.s. value of the sinusoidal voltage for which the insulation between the terminals, joined together, and the container is designed

NOTE – For additional details, see 6.8.

1.3.26**air temperature around water-cooled capacitors**

air temperature measured at the hottest point, 0,05 m above the capacitors, when the capacitors are in operation

1.3.27**outlet air temperature for forced-ventilated capacitors**

temperature of the cooling-air as it leaves the capacitors, measured at the hottest point

1.3.28**inlet air temperature for forced-ventilated capacitors**

temperature of the cooling-air measured in the middle of the inlet air channel at a point not influenced by the heat dissipation of the capacitor

1.3.29**container temperature rise for air-cooled capacitors**

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

1.4 Service conditions**1.4.1 Normal service conditions**

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

1.4.1.1 Residual voltage at energization

The residual voltage shall not exceed 10 % of the rated voltage (see 1.3.14).

1.4.1.2 Altitude

The altitude shall not exceed 1 000 m.

1.4.1.3 Temperature categories

Capacitors are classified in temperature categories. Each category is characterized by the lowest temperature of the capacitor at which it may be energized, chosen among the three values $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$, $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$, $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ and the upper limit of the temperature of the cooling medium, the value of which is selected from the table below.

Tableau 1 – Limites supérieures de température du fluide de refroidissement

Mode de refroidissement	Température maximale du fluide de refroidissement pour une durée indéterminée °C		
	Température de l'air de refroidissement (1.3.22)	Température de sortie du fluide de refroidissement (1.3.27)	Température de l'air autour du condensateur (1.3.26)
Par circulation d'air naturelle AN	40	–	–
	45	–	–
Par circulation d'air forcée AF	–	40	–
	–	45	–
Par eau EF	–	40	50
	–	45	–
Sauf accord différent, le choix de la méthode est laissé au fabricant de condensateurs.			

1.4.2 Conditions de service inhabituelles

Sauf accord contraire entre le fabricant et l'acheteur, cette norme ne s'applique pas aux condensateurs dont les conditions de service sont incompatibles avec les prescriptions de la présente norme.

2 Prescriptions de qualité et essais

2.1 Prescriptions relatives aux essais

2.1.1 Généralités

Ce paragraphe indique les prescriptions relatives aux essais des condensateurs unitaires et, lorsque cela est précisé, des éléments des condensateurs.

Les supports isolants, les interrupteurs, les transformateurs de mesure, les fusibles externes, etc., doivent être conformes aux normes particulières de la CEI.

2.1.2 Conditions d'essais

Sauf spécification contraire, pour un essai ou une mesure particulière, la température du diélectrique du condensateur doit être comprise entre +5 °C et +35 °C. Lorsqu'il est nécessaire d'appliquer une correction, la température de référence doit être de +20 °C, sauf convention différente entre le fabricant et l'acheteur. On peut admettre que la température du diélectrique du condensateur est celle de l'air ambiant, pourvu que le condensateur ait été laissé hors tension à température ambiante constante pendant une durée suffisante.

Les essais et les mesures en courant alternatif doivent être effectués à la fréquence de 50 Hz ou 60 Hz, indépendamment de la fréquence assignée du condensateur, sauf spécification contraire.

Table 1 – Upper limits of the temperature of the cooling medium

Type of cooling	Maximum temperature of the cooling medium for unlimited time °C		
	Cooling air temperature (1.3.22)	Outlet temperature of the cooling medium (1.3.27)	Air temperature around the capacitor (1.3.26)
AN air cooled self ventilated	40	–	–
	45	–	–
AF air cooled forced ventilated	–	40	–
	–	45	–
WF water cooled	–	40	50
	–	45	–

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

1.4.2 Unusual service conditions

Unless otherwise agreed between manufacturer and purchaser, this standard does not apply to capacitors, the service conditions of which are incompatible with the requirements of this standard.

2 Quality requirements and tests

2.1 Test requirements

2.1.1 General

This subclause gives the test requirements for capacitor units and, when specified, for capacitor elements.

Supporting insulators, switches, instrument transformers, external fuses, etc., shall be in accordance with the relevant IEC standard.

2.1.2 Test conditions

Unless otherwise specified for a particular test or measurement, the temperature of the capacitor dielectric shall be in the range +5 °C to +35 °C. When a correction has to be applied, the reference temperature to be used is +20 °C, unless otherwise agreed between the manufacturer and the purchaser. It is assumed that the dielectric temperature of the capacitor unit is the same as the ambient temperature, provided that the capacitor has been left in an unenergized state in a constant ambient air temperature for an adequate period.

The a.c. tests and measurements shall be carried out at a frequency of 50 Hz or 60 Hz irrespective of the rated frequency of the capacitor, unless otherwise specified.

2.2 Classification des essais

2.2.1 Essais individuels

- a) Mesure de la capacité (voir 2.3).
- b) Mesure de la tangente de l'angle de pertes ($\tan \delta$) du condensateur (voir 2.4).
- c) Essai diélectrique entre bornes (voir 2.5).
- d) Essai diélectrique entre bornes et cuve (voir 2.6.1).
- e) Contrôle du dispositif de décharge interne éventuel (voir 2.7).
- f) Essai d'étanchéité (voir 2.8).
- g) Essai d'étanchéité des conduites de refroidissement éventuelles (voir 2.12.1).

L'ordre dans lequel les essais sont effectués n'est pas nécessairement celui indiqué ci-dessus.

Les essais individuels doivent être effectués avant livraison par le fabricant sur chaque condensateur. Sur demande de l'acheteur, un rapport d'essai doit lui être remis, assorti d'un certificat indiquant les résultats détaillés de ces essais.

2.2.2 Essais de type

- a) Essai de stabilité thermique (voir 2.9).
- b) Mesure des pertes du condensateur (voir 2.10).
- c) Mesure de la capacité en fonction de la température (voir 2.11), si cela est prescrit.
- d) Essai diélectrique entre bornes et cuve (voir 2.6).
- e) Essai d'autorégénération pour les condensateurs autorégénérateurs à diélectrique métallisé (voir 2.13).
- f) Essai de décharge en court-circuit (voir 2.14).
- g) Essai de vieillissement (voir CEI 60110-2).
- h) Essai de destruction (voir CEI 60110-2).
- i) Essai de déconnexion des fusibles internes éventuels (voir CEI 60110-2).
- j) Essai d'étanchéité des conduites de refroidissement éventuelles (voir 2.12.2).

Les essais de type sont effectués pour s'assurer que le condensateur satisfait aux caractéristiques spécifiées et aux conditions de fonctionnement précisées par la présente norme.

Les essais de type doivent être effectués sur des condensateurs de conception identique à celle du condensateur du contrat, ou sur des condensateurs qui ne diffèrent des unités contractuelles d'aucune manière susceptible d'influencer les propriétés qui doivent être contrôlées par les essais de type.

Il n'est pas indispensable que tous les essais de type soient effectués sur la même unité; ils peuvent être effectués sur des unités distinctes, ayant les mêmes caractéristiques.

La liste ci-dessus des essais de type n'indique aucune séquence d'essai.

Sauf spécification contraire, chaque échantillon de condensateur sur lequel un essai de type est effectué doit avoir préalablement supporté de façon satisfaisante tous les essais individuels.

2.2 Classification of tests

2.2.1 Routine tests

- a) Capacitance measurement (see 2.3).
- b) Measurement of the tangent of the loss angle ($\tan \delta$) of the capacitor (see 2.4).
- c) Voltage test between terminals (see 2.5).
- d) Voltage test between terminals and container (see 2.6.1).
- e) Test on internal discharge device, if any, (see 2.7).
- f) Sealing test (see 2.8).
- g) Sealing test of cooling ducts, if any, (see 2.12.1).

The test sequence is not necessarily that indicated above.

The routine tests shall be carried out by the manufacturer on every capacitor before delivery. If the purchaser so requests, he shall be supplied with a certificate detailing the results of such tests.

2.2.2 Type tests

- a) Thermal stability test (see 2.9).
- b) Capacitor losses test (see 2.10).
- c) Measurement of the capacitance as a function of temperature (see 2.11), if required.
- d) Voltage test between terminals and container (see 2.6).
- e) Self-healing test for self-healing metallized dielectric capacitors (see 2.13).
- f) Short-circuit discharge test (see 2.14).
- g) Ageing test (see IEC 60110-2).
- h) Destruction test (see IEC 60110-2).
- i) Disconnecting tests on internal fuses, if any (see IEC 60110-2).
- j) Sealing test of cooling ducts, if any (see 2.12.2).

Type tests are carried out in order to ensure that the capacitor unit complies with the specified characteristics and operation requirements detailed in this standard.

The type test shall be made upon capacitors of a design identical with that of the capacitor to be supplied or on capacitors of design and processing that do not differ from it in any way that may influence the properties to be checked by the type test.

It is not essential that all type tests are carried out on the same capacitor unit, they may be carried out on different units having the same characteristics.

The above list of type tests does not indicate any test sequence.

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

2.2.3 Essais d'acceptation

Les essais individuels et/ou de type, ou certains d'entre eux, peuvent être renouvelés par le fabricant à l'occasion de tout contrat, en accord avec l'acheteur.

La nature des essais, le nombre de condensateurs prélevés devant être soumis à ces essais, les critères d'acceptation et les comptes rendus des essais doivent faire l'objet d'un accord entre fabricant et acheteur et mention doit en être faite dans le contrat.

2.3 Mesure de la capacité

2.3.1 Modalités de mesure

La capacité doit être mesurée à une tension comprise entre 0,9 fois et 1,1 fois la tension assignée et à la fréquence industrielle (voir 2.1.2), en employant une méthode permettant d'éviter les erreurs dues aux harmoniques ou aux accessoires extérieurs au condensateur à mesurer, tels que les réacteurs et circuits de blocage dans le circuit de mesure.

D'autres conditions de mesure, telle que l'utilisation d'un pont de mesure basse tension quand le condensateur dépasse les possibilités du pont de mesure à la tension assignée, peuvent faire l'objet d'un accord entre fabricant et acheteur.

La précision de la méthode utilisée ainsi que la corrélation avec les valeurs mesurées à la tension et à la fréquence assignées doivent être indiquées.

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

2.3.2 Tolérance sur la capacité

Les tolérances concernent les valeurs de capacité mesurées dans les conditions précisées en 2.3.1.

La capacité à la température de référence (voir 2.1.2) ne doit pas s'écarter de sa valeur assignée de plus de:

–5 % à +10 % pour les condensateurs unitaires ou les batteries comportant au plus quatre unités;

0 % à +10 % pour les batteries composées de cinq unités ou plus.

La somme des capacités individuelles d'un condensateur à prises multiples doit se trouver à l'intérieur des marges de tolérance prescrites pour les unités.

2.4 Mesure de la tangente de l'angle de pertes ($\tan \delta$) d'un condensateur

La tangente de l'angle de pertes ($\tan \delta$) doit être mesurée à une tension comprise entre 0,9 fois et 1,1 fois la tension assignée et à la fréquence industrielle (voir 2.1.2), en employant une méthode permettant d'éviter les erreurs dues aux harmoniques et aux accessoires extérieurs au condensateur à mesurer, tels que les réacteurs et circuits de blocage dans le circuit de mesure.

D'autres conditions de mesure peuvent faire l'objet d'un accord entre fabricant et acheteur.

2.2.3 Acceptance tests

The routine and/or type tests, or some of them, may be repeated by the manufacturer in connection with any contract and in agreement with the purchaser.

The kind of tests, the number of samples to be subjected to such tests, the acceptance criteria and the test reports shall be agreed upon between manufacturer and purchaser and shall be stated in the contract.

2.3 Capacitance measurement

2.3.1 Measuring procedure

The capacitance shall be measured at a voltage 0,9 to 1,1 times the rated voltage and at the power frequency (see 2.1.2), using a method that excludes errors due to harmonics or to accessories external to the capacitor to be measured, such as reactors and blocking circuits in the measuring circuit.

Other measuring conditions may be agreed between manufacturer and purchaser, such as the use of a low-voltage bridge when the capacitor exceeds the power capability of the bridge at rated voltage. The accuracy of the measuring method and the correlation with the values measured at the rated voltage and frequency shall be given.

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

2.3.2 Capacitance tolerance

The tolerances refer to capacitance values measured under the conditions of 2.3.1.

The capacitance at reference temperature (see 2.1.2) shall not differ from the rated capacitance by more than:

–5 % to +10 % for units or banks with up to four units;

0 % to +10 % for banks with five or more units.

The sum of the individual capacitances of a multi-terminal capacitor unit shall be within the tolerance prescribed for capacitor units.

2.4 Measurement of the tangent of the loss angle ($\tan \delta$) of a capacitor

The tangent of the loss angle ($\tan \delta$) shall be measured at a voltage 0,9 to 1,1 times the rated voltage and at the power frequency (see 2.1.2), using a method that excludes errors due to harmonics or to accessories external to the capacitor to be measured, such as reactors and blocking circuits in the measuring circuit.

Other measuring conditions may be agreed upon between manufacturer and purchaser.

La mesure doit être effectuée après l'essai diélectrique entre bornes (voir 2.5).

NOTE 1 – Lorsque l'on soumet à l'essai un grand nombre de petits condensateurs, une mesure de la $\tan \delta$ sur un prélèvement est acceptable. Il convient que la quantité prélevée fasse l'objet d'un accord entre acheteur et fabricant.

NOTE 2 – La valeur de la $\tan \delta$ de certains types de diélectriques est fonction de la durée de la mise sous tension précédant la mesure. Dans ce cas, il convient que la tension de la mesure et la durée de la mise sous tension fassent l'objet d'un accord entre acheteur et fabricant.

NOTE 3 – Il convient d'étalonner l'équipement de mesure conformément aux dispositions de la CEI 60996, ou à l'aide d'une autre méthode conduisant à une précision identique ou meilleure.

2.5 Essai diélectrique entre bornes (essai individuel)

Chaque condensateur doit être soumis à l'essai décrit en 2.5.1 ou à l'essai décrit en 2.5.2. En l'absence d'un accord, le choix est laissé au fabricant.

Les condensateurs autorégénérateurs doivent être essayés selon 2.5.1. Pendant l'essai, il ne doit se produire ni perforation, ni contournement. Pour les condensateurs autorégénérateurs, des autorégénérations sont autorisées.

2.5.1 Essai sous tension alternative

L'essai sous tension alternative doit être effectué avec une tension pratiquement sinusoïdale de $2,0 U_N$, à fréquence industrielle, pendant une durée de 10 s.

Dans le cas de condensateurs à sections multiples avec une borne commune, chaque section doit être essayée séparément.

Dans le cas de condensateurs avec des éléments connectés en série, aucune perforation d'élément interne, ni fonctionnement de fusible interne n'est autorisé. Ceci peut être détecté par une mesure préliminaire de capacité sous une tension réduite ne dépassant pas $0,15 U_N$.

On doit employer une mesure suffisamment répétitive pour détecter une perforation d'un élément ou le fonctionnement d'un fusible.

NOTE – Le fonctionnement d'un ou plusieurs fusibles internes est autorisé à condition que les tolérances sur la capacité soient encore respectées, que deux fusibles au maximum aient fonctionné par unité et que le condensateur n'ait pas d'éléments connectés en série.

2.5.2 Essai sous tension continue

La tension continue d'essai doit être de $4,0 U_N$ et la durée de 10 s.

NOTE – Voir la note de 2.5.1.

2.6 Essai diélectrique entre bornes et cuve

2.6.1 Essai individuel

Les condensateurs dont toutes les bornes sont isolées de la cuve doivent être soumis à une tension alternative appliquée entre les bornes (raccordées entre elles) et la cuve. La tension d'essai est de $2,15 U_m$ (voir 1.3.25) avec un minimum de 2 000 V, à fréquence industrielle (voir 2.1.2) pendant 10 s.

Au cours de l'essai, il ne doit se produire ni perforation ni contournement.

Cet essai doit être effectué même si, en service, l'une des bornes est destinée à être connectée à la cuve. Les condensateurs ayant une borne connectée en permanence à la cuve ne doivent pas être soumis à cet essai.

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

NOTE 1 – When measuring a large number of small capacitors, statistical sampling may be used for measuring $\tan \delta$. The statistical sampling plan should be agreed upon between manufacturer and purchaser.

NOTE 2 – The $\tan \delta$ value of certain types of dielectric is a function of the energization time before the measurement. Test voltage and energization time should be agreed between manufacturer and purchaser.

NOTE 3 – The measuring equipment should be calibrated according to IEC 60996 or to another method giving the same or a better accuracy.

2.5 Voltage test between terminals (routine test)

Every capacitor shall be subjected to either test 2.5.1 or test 2.5.2. In the absence of an agreement, the choice is left to the manufacturer.

Self-healing capacitors shall be tested according to 2.5.1. During the test, neither puncture nor flashover shall occur. In self-healing capacitors, self-healing breakdowns may occur.

2.5.1 AC test

The a.c. test shall be carried out with a substantially sinusoidal voltage, at $2,0 U_N$ and at the power frequency for the duration of 10 s.

In case of a multi-section capacitor with a common terminal, each section shall be tested separately.

For capacitors with internal series connections, no puncture of any internal element and no operation of an internal fuse is permitted. This can be detected by a preliminary capacitance measurement, with a reduced voltage not higher than $0,15 U_N$. The repeatability of the measuring method shall be such that a punctured element or an operated fuse can be detected.

NOTE – The operation of (an) internal element fuse(s) is (are) permitted, provided that the capacitance tolerances are still met, that not more than two fuses have operated per unit, and the capacitor has no internal series connection.

2.5.2 DC test

The d.c. test voltage shall be $4,0 U_N$ and the duration 10 s.

NOTE – See note in 2.5.1.

2.6 Voltage test between terminals and container

2.6.1 Routine test

Units having all terminals insulated from the container shall be subjected to an a.c. voltage applied between the terminals (joined together) and the container of $2,15 U_m$ (see 1.3.25) at the power frequency (see 2.1.2), with a minimum of 2 000 V for 10 s.

During the test, neither puncture nor flashover shall occur.

The test shall be performed even if, in service, one of the terminals is intended to be connected to the container. Units having one terminal permanently connected to the container shall not be subjected to this test.

Lorsque la cuve du condensateur est constituée d'un matériau isolant, cet essai ne doit pas être réalisé.

Si un condensateur a des sections indépendantes, un essai d'isolement entre ces sections doit être effectué à la même tension que celle qui est prévue pour l'essai entre les bornes et la cuve et avec les mêmes prescriptions.

2.6.2 Essai de type

Les condensateurs dont toutes les bornes sont isolées de la cuve doivent être soumis à l'essai décrit en 2.6.1 pendant une durée de 60 s.

Si la cuve du condensateur est constituée d'un matériau isolant, l'essai diélectrique doit être effectué entre les bornes et une feuille métallique entourant étroitement la surface de la cuve.

2.7 Contrôle du dispositif de décharge interne

La résistance du dispositif de décharge interne éventuel doit être vérifiée soit par une mesure de résistance, soit par une mesure du temps de décharge (voir 4.2). Le choix de la méthode est laissé au fabricant. L'essai doit être effectué après l'essai diélectrique de 2.5.1.

2.8 Essai d'étanchéité

Le condensateur unitaire doit être soumis à un essai qui détecte réellement les fuites de la cuve et de la ou des traversées. La procédure d'essai est laissée au choix du fabricant qui doit décrire la méthode appliquée.

Si le fabricant ne spécifie pas de procédure d'essai, la procédure suivante doit être appliquée.

Les condensateurs unitaires hors tension doivent être chauffés entièrement afin que toutes leurs parties atteignent une température supérieure d'au moins 20 °C à la valeur maximale du fluide de refroidissement du tableau 1, température qui doit être maintenue au moins pendant 2 h.

Aucune fuite ne doit se produire.

Il est recommandé d'utiliser un indicateur de fuite approprié.

NOTE – Si le condensateur ne contient pas de matériau liquide à la température d'essai, l'essai peut ne pas être réalisé.

2.9 Essai de stabilité thermique

Cet essai est destiné à démontrer la stabilité thermique du condensateur unitaire dans les conditions décrites ci-après.

2.9.1 Conditions de refroidissement

2.9.1.1 Condensateurs à refroidissement naturel (AN)

Les condensateurs doivent être placés dans les conditions normales de refroidissement dans une enceinte où la température de l'air de refroidissement est maintenue pendant toute la durée de l'essai, à une température égale ou supérieure à la limite supérieure portée sur la plaque signalétique.

Durant l'essai, la température de l'air de refroidissement (voir 1.3.22) doit être contrôlée au moyen d'un thermomètre ayant une constante de temps thermique d'environ 1 h.

When the unit container consists of insulating material, this test shall be omitted.

If a capacitor has separated sections, a test of the insulation between the sections shall be made at the same voltage as for the test between terminals and the container, with the same requirements.

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 a duration of 60 s.

If the capacitor container is of insulating material, the test voltage shall be applied between the terminals and a metal foil wrapped closely around the surface of the container.

2.7 Test on internal discharge device

The resistance of the internal discharge device, if any, shall be checked either by a resistance measurement or by measuring the discharge rate (see 4.2). The choice of method is left to the manufacturer. The test shall be made after the voltage test of 2.5.1.

2.8 Sealing test

The unit shall be exposed to a test that will effectively detect any leak of the container and bushing(s). The test procedure is left to the manufacturer, who shall describe the test method concerned.

If no procedure is stated by the manufacturer, the following test procedure shall apply.

Unenergized capacitor units shall be heated throughout so that all parts reach a temperature not lower than 20 °C above the maximum temperature of the cooling medium according to table 1, and shall be maintained at this temperature for 2 h.

No leakage shall occur.

It is recommended that a suitable indicator should be used.

NOTE – If the capacitor contains no liquid material at the test temperature, the test may be omitted.

2.9 Thermal stability test

This test is intended to demonstrate the thermal stability of the capacitor unit under the conditions described below.

2.9.1 Cooling conditions

2.9.1.1 Air-cooled self-ventilated capacitors (AN)

The capacitors shall be placed under normal cooling conditions in an enclosure where the cooling-air temperature is maintained at the upper limit or higher as stated on the nameplate during the whole test.

Throughout the test, the cooling air temperature (see 1.3.22) shall be checked by means of a thermometer having a thermal time constant of approximately 1 h.

2.9.1.2 Condensateurs à circulation forcée d'air (AF)

Les condensateurs doivent être placés sur leur base, à l'intérieur d'un conduit vertical qui, pour des condensateurs de section rectangulaire, aura également de préférence une section rectangulaire. Il convient que les dimensions du conduit soient suffisantes pour permettre la circulation de l'air de refroidissement sur tous les côtés.

Un espace de 0,04 m est recommandé de chaque côté du condensateur, à moins que le fabricant ne spécifie une valeur différente.

Il convient que le bas du conduit soit à 0,4 m au-dessous du fond de l'enveloppe du condensateur et que le haut du conduit soit à 0,1 m environ au-dessus du couvercle du condensateur.

La distance entre le ventilateur et le conduit doit être telle qu'elle permette une bonne uniformité de la vitesse d'écoulement de l'air (c'est-à-dire 0,5 m à 1 m).

De l'air préchauffé doit être soufflé à l'entrée de la partie inférieure du conduit. La température de l'air doit être réglée de façon à atteindre au moins la valeur supérieure de la température de l'air de refroidissement inscrite sur la plaque signalétique. La vitesse de l'air doit être mesurée à mi-distance entre les parois du condensateur et celles du conduit.

La mesure de la température de l'air doit être effectuée juste au-dessous de la base (ou au-dessus du couvercle) de l'enveloppe du condensateur et il convient de veiller à ce que la mesure ne soit pas influencée par le rayonnement émanant de l'enveloppe du condensateur.

La mesure de la température de l'enveloppe du condensateur doit être effectuée près du couvercle, au-dessous du niveau de l'imprégnant éventuel.

Les parois du conduit doivent être en matériau non conducteur de la chaleur.

Des détails sur les dispositions d'essais sont donnés à l'annexe A.

NOTE – Il a été calculé que l'erreur sur la température de l'enveloppe du condensateur due à l'emploi d'un conduit à parois thermiquement isolées au lieu d'un condensateur similaire sous tension placé à côté du condensateur essayé, à une distance égale à la distance spécifiée, n'affecte pas sensiblement le résultat d'essai.

2.9.1.3 Condensateurs à refroidissement par eau (EF)

Le débit minimal d'eau indiqué sur la plaque signalétique doit être maintenu constant durant tout l'essai et la température de l'eau à l'entrée doit être régulée par chauffage de manière que la température à la sortie soit maintenue pendant toute la durée de l'essai à une température égale ou supérieure à la valeur portée sur la plaque signalétique.

2.9.2 Conditions électriques

La puissance d'essai doit être égale à 1,44 fois la puissance assignée Q_N pour les condensateurs de fréquence assignée comprise entre 40 Hz et 60 Hz, et à 1,33 fois Q_N pour les condensateurs de fréquence assignée supérieure à 60 Hz.

NOTE – Pour les condensateurs de fréquence assignée inférieure ou égale à 60 Hz, et si le condensateur à essayer est prélevé dans un lot, il est recommandé de choisir une unité ayant la valeur de $\tan \delta$ la plus élevée.

Si la fréquence assignée du condensateur ne peut être obtenue, l'essai doit être effectué à une fréquence aussi voisine que possible de la fréquence assignée, en appliquant un facteur de correction approprié de la puissance réactive en fonction de la fréquence d'essai.

La tension d'essai doit être de forme approximativement sinusoïdale.

2.9.1.2 Air-cooled forced-ventilated capacitors (AF)

The capacitors shall be placed upright inside a vertical conduit which, for capacitors having a rectangular cross-section, should also have a rectangular cross-section. The dimensions of the conduit should be sufficient to allow enough clearance on all sides for the flow of cooling air.

A clearance of 0,04 m on each side of the capacitor is suggested unless otherwise prescribed by the manufacturer.

The conduit should extend below the bottom of the capacitor container for about 0,4 m and above the top of the container for about 0,1 m.

The distance of the fan from the conduit shall be such (i.e.: 0,5 m to 1 m) as to give good uniformity in the air speed.

Preheated air shall be forced from below into the conduit. The temperature of this air shall be adjusted in such a way that the upper limit or the higher of the cooling air temperatures stated on the nameplate is reached and the speed of the air midway between the wall of the conduit and the capacitor shall be measured.

The point of measurement of the air temperature shall be taken immediately below the bottom (or above the top) of the capacitor container, and care should be taken that this measurement is not influenced by radiation from the capacitor container.

The measurement of the temperature of the capacitor container shall be taken near the top, below the level of the impregnant, if any.

The walls of the conduit shall be made of a thermally insulating material.

For details of the test arrangement, see annex A.

NOTE – It has been calculated that the error in the capacitor container temperature resulting from the use of a conduit with thermally insulating walls, instead of a similar energized capacitor placed beside the capacitor under test at a distance equal to the clearance specified, does not materially affect the result of the test.

2.9.1.3 Water-cooled capacitors (WF)

The minimum water flow rate stated on the nameplate shall be kept constant throughout the test, and the inlet water temperature shall be regulated by heating in such a way that the outlet water temperature is kept at the value stated on the nameplate or higher during the whole test.

2.9.2 Electrical conditions

The test output shall be 1,44 times the rated output Q_N for capacitors with rated frequency between 40 Hz and 60 Hz and 1,33 times Q_N for capacitors with rated frequency above 60 Hz.

NOTE – For capacitors having a rated frequency up to 60 Hz, it is recommended that if the capacitor is selected from a batch, it should be the one with the highest value of $\tan \delta$.

If the rated frequency of the capacitor cannot be realized, the test shall be made at a frequency as near as possible to the rated frequency and an appropriate correction factor for the reactive output in accordance with the test frequency shall be applied.

The test voltage shall be of approximately sinusoidal form.

2.9.3 Durée des essais et critères

Le condensateur doit être soumis aux conditions de refroidissement et aux conditions électriques spécifiées en 2.9.1 et en 2.9.2 pendant une durée conforme au tableau 2 ci-après.

Tableau 2 – Type de refroidissement et durée de mise sous tension pour l'essai de stabilité thermique

Type de refroidissement	Durée totale minimale de mise sous tension h	Dernière période d'essai au cours de laquelle le condensateur doit être en équilibre thermique h
Refroidissement par air à circulation naturelle	48	6
Refroidissement par air ou eau à circulation forcée	12	6
NOTE – Pour les condensateurs refroidis à l'eau de fréquence assignée supérieure à 60 Hz et ayant une faible constante de temps thermique, la durée de l'essai peut être plus courte après accord entre le fabricant et l'acheteur.		

Au cours de la dernière période d'essai, les pertes du condensateur ou la température de l'enveloppe à proximité du sommet doivent être mesurées au moins quatre fois et enregistrées.

Durant cette période, l'échauffement de l'enveloppe au-dessus du milieu de refroidissement ne doit pas augmenter de plus de 1 K. Si la mesure de $\tan \delta$ est possible, cette grandeur ne doit pas s'accroître d'une quantité supérieure à la sensibilité de la mesure, qui ne doit pas être supérieure à $\pm 1 \times 10^{-4}$.

Si l'on constate une variation plus importante, l'essai doit être poursuivi jusqu'à ce que se produise l'équilibre ou la perforation.

La capacité mesurée après l'essai, pour une température identique du diélectrique, ne doit pas différer de plus de 2 % de la capacité mesurée avant l'essai.

Si le condensateur est muni d'un équipement de signalisation ou de protection, ce dernier doit rester en fonctionnement pendant l'essai mais ne doit pas se déclencher.

2.10 Mesure des pertes du condensateur

Les pertes des condensateurs doivent être déterminées à la fin de l'essai de stabilité thermique après que l'équilibre thermique a été atteint.

2.10.1 Condensateurs de fréquence assignée comprise entre 40 Hz et 60 Hz

Pour les condensateurs de fréquence assignée comprise entre 40 Hz et 60 Hz, la tangente de l'angle de pertes doit être mesurée.

La tension de mesure doit être celle de l'essai de stabilité thermique.

2.10.2 Condensateurs à refroidissement par air à circulation naturelle et forcée

Pour les condensateurs à refroidissement par air à circulation naturelle et forcée, de fréquence assignée supérieure à 60 Hz, les pertes doivent être mesurées par une méthode agréée entre le fabricant et l'acheteur.

2.9.3 Duration of tests and criteria

The capacitor shall be subjected to the cooling and electrical conditions prescribed in 2.9.1 and 2.9.2 for a period of time according to the following table 2:

Table 2 – Cooling and energization duration for thermal stability test

Type of cooling	Whole test period on voltage, minimum h	Final test period during which the capacitor shall be in thermal equilibrium h
Air cooled, self-ventilated	48	6
Air or water-forced cooled	12	6
NOTE – For water-cooled capacitors with rated frequencies above 60 Hz and a short thermal time constant, the duration of testing may be shorter, as agreed upon between manufacturer and purchaser.		

During the final period of test, the capacitor losses or the temperature of the capacitor container near the top shall be measured at least four times and recorded.

Throughout this period, the temperature rise of the case over the cooling medium shall not increase by more than 1 K. When $\tan \delta$ measurement is possible, it shall not increase by more than the sensitivity of measurement, which shall not be worse than $\pm 1 \times 10^{-4}$.

If a greater change is observed, the test shall be continued until either equilibrium or breakdown occurs.

The capacitance measured after the test, related to the same temperature of the dielectric, shall not differ by more than 2 % from the capacitance measured before the test.

If the capacitor is fitted with signalling or protective device, this device shall be operational but shall not be actuated during the test.

2.10 Capacitor losses test

The capacitor losses shall be determined at the end of the thermal stability test after thermal equilibrium is reached.

2.10.1 Capacitors with rated frequency between 40 Hz and 60 Hz

For capacitors with rated frequency between 40 Hz and 60 Hz, the tangent of the loss angle shall be measured.

The measuring voltage shall be that of the thermal stability test.

2.10.2 Air-cooled self-and forced-ventilated capacitors

For air-cooled self-and forced-ventilated capacitors with rated frequency above 60 Hz, the losses shall be measured by a method to be agreed upon between manufacturer and purchaser.

2.10.3 Condensateurs à refroidissement par eau de fréquence assignée supérieure à 60 Hz

Pour les condensateurs à refroidissement par eau de fréquence assignée supérieure à 60 Hz, les pertes doivent être calculées d'après la différence de température de l'eau à l'entrée et à la sortie et d'après le débit de l'eau.

NOTE 1 – Pour les condensateurs à refroidissement par eau, les pertes dissipées par l'eau de refroidissement peuvent être calculées au moyen des formules

$$P = 70 \ q \ \Delta\theta$$

$$\tan \delta = P/Q$$

où

P est la puissance active en watts;

q est le débit de l'eau en litres par minute (l/min);

$\Delta\theta$ est l'échauffement de l'eau en K.

NOTE 2 – Les condensateurs à refroidissement par eau dissipent également de la chaleur entre les parois de l'enveloppe et l'air. Si, donc, les pertes doivent être mesurées en totalité, il convient que le condensateur soit entouré d'un matériau thermiquement isolant au cours de l'essai. Cependant, dans la plupart des cas, il est suffisant de corriger les pertes dissipées par l'eau au moyen d'un facteur déduit de l'expérience.

2.10.4 Prescriptions

La valeur des pertes ($\tan \delta$) mesurées ou déterminées conformément à 2.10 ne doit pas dépasser la valeur déclarée par le fabricant ou la valeur fixée par accord entre le fabricant et l'acheteur.

2.11 Variation de la capacité en fonction de la température

En tant qu'essai de type, la variation de la capacité en fonction de la température peut être mesurée selon accord entre le fabricant et l'acheteur.

Le condensateur doit être soumis aux conditions électriques prescrites en 2.3.1.

2.12 Essai d'étanchéité des conduites de refroidissement éventuelles

2.12.1 Essai d'étanchéité des conduites de refroidissement, essai individuel

Si le condensateur comporte une conduite de refroidissement munie d'un raccord interne au condensateur, susceptible de fuir sans que cela soit détecté par l'essai d'étanchéité du condensateur unitaire, chaque conduite de refroidissement doit être soumise à un essai, au choix du fabricant, capable de détecter efficacement une fuite avant l'assemblage dans le condensateur.

2.12.2 Essai d'étanchéité des conduites de refroidissement, essai de type

Le fabricant doit s'assurer que les conduites de refroidissement des condensateurs refroidis par eau sont capables de supporter toute pression hydrostatique rencontrée en service normal, en essayant les circuits de refroidissement à 150 % de la pression maximale de service spécifiée, pendant au moins 5 min.

NOTE – Si cela est demandé par l'utilisateur, il convient que le fabricant fournisse la différence maximale de pression d'eau entre entrée et sortie, pour le débit assigné (voir 5.1.2, point e).

2.10.3 Water-cooled capacitors with rated frequency above 60 Hz

For water-cooled capacitors with rated frequency above 60 Hz, the losses shall be calculated from the difference between outlet and inlet temperature of the water and the rate of water flow.

NOTE 1 – For water-cooled capacitors, the capacitor losses dissipated by the cooling water may be calculated using the formulae:

$$P = 70 q \Delta\theta$$

$$\tan \delta = P/Q$$

where

P is the active power in watts;

q is the rate of water flow in litres per minute (l/min);

$\Delta\theta$ is the temperature rise of the water in K.

NOTE 2 – Water-cooled capacitors also dissipate some heat to the air from the sides of the container. If, therefore, the losses are to be measured fully, the capacitor should be surrounded with insulating material during the test. In most cases, however, it is sufficient to apply a correction to the losses dissipated by the water using a factor derived from previous experience.

2.10.4 Requirements

The values of losses ($\tan \delta$) measured or determined in accordance with 2.10 shall not exceed the value declared by the manufacturer or the value agreed upon between manufacturer and purchaser.

2.11 Capacitance as a function of temperature

When agreed between manufacturer and purchaser, the dependance of the capacitance on temperature may be measured as a type test.

The capacitor shall be subjected to the electrical conditions prescribed in 2.3.1.

2.12 Sealing test of cooling ducts, if any

2.12.1 Sealing test of cooling ducts, routine test

If the capacitor contains a cooling duct with a joint internal to the capacitor, which may leak and not be detected by a capacitor unit sealing test, each cooling duct shall be exposed to a test, at the manufacturer's discretion, that will effectively detect a leak prior to its assembly into the capacitor.

2.12.2 Sealing test of cooling ducts, type test

The manufacturer shall ensure that the cooling ducts of water-cooled capacitors shall be capable of withstanding any hydrostatic pressure likely to be encountered in normal service by testing the cooling circuits at 150 % of the maximum specified service pressure for at least 5 min.

NOTE – The manufacturer, if requested by the user, should provide the maximum difference of water pressure between inlet and outlet at the rated flow rate (see 5.1.2, item e).

2.13 Essai d'autorégénération (pour les condensateurs autorégénérateurs à diélectrique métallisé)

Les condensateurs autorégénérateurs doivent avoir des propriétés d'autorégénération acceptables. La conformité est vérifiée par l'essai suivant.

Pour les besoins de cet essai, la capacité doit être mesurée avant et après l'essai décrit en 2.3.1.

Les condensateurs doivent être soumis à l'essai décrit en 2.5.1.

S'il se produit moins de cinq autorégénérations (autocicatrisations) au cours de cet essai, la tension doit être augmentée à une vitesse ne dépassant pas 200 V/min jusqu'à ce que cinq autocicatrisations se soient produites à partir du début de l'essai, ou jusqu'à atteindre une valeur maximale de $3,5 U_N$.

La tension est ensuite ramenée à 0,8 fois la tension pour laquelle la cinquième autocicatrisation a eu lieu, ou 0,8 fois la tension maximale, et maintenue à cette valeur pendant 10 s. Une autocicatrisation supplémentaire est autorisée pendant cette période.

On considère que les condensateurs ont passé cet essai avec succès si aucun changement significatif n'est observé entre les valeurs de capacité mesurées avant et après l'essai.

Les autorégénérations qui se produisent durant l'essai peuvent être décelées à l'aide d'un oscilloscope ou grâce à des méthodes d'essai acoustiques ou à haute fréquence.

2.14 Essai de décharge en court-circuit

Les condensateurs unitaires doivent être chargés en courant continu, puis déchargés à travers un éclateur situé aussi près que possible du condensateur. Ils doivent être soumis à cinq décharges de ce type en 10 min.

La tension d'essai doit être de $2 U_N$.

La capacité doit être mesurée (voir 2.3.1) avant et après l'essai. Les résultats de ces mesures ne doivent pas faire apparaître une variation pouvant indiquer qu'un élément a été perforé ou déconnecté par un fusible interne ou une variation supérieure à 2 %.

Pour les condensateurs autorégénérateurs, la variation de capacité ne doit pas dépasser 0,5 %. Pour ces condensateurs, la mesure de la tangente de l'angle de pertes (voir 2.4) doit être réalisée avant et après l'essai. L'accroissement de $\tan \delta$ ne doit pas dépasser 20 %.

2.15 Essai de vieillissement (voir CEI 60110-2)

2.16 Essai de destruction (voir CEI 60110-2)

2.17 Essai de déconnexion des fusibles internes éventuels (voir CEI 60110-2)

2.13 Self-healing test (for self-healing metallized dielectric capacitors)

Self-healing capacitors shall have adequate self-healing properties. Compliance is checked by the following test.

For the purposes of this test, the capacitance shall be measured before and after the test according to 2.3.1.

The capacitors shall be subjected to the test described in 2.5.1.

If fewer than five self-healing breakdowns (clearings) occur during the test time, the voltage shall be increased at a rate of not more than 200 V/min until five clearings have occurred since the beginning of the test, or until the voltage has reached a maximum of $3,5 U_N$.

The voltage shall then be decreased to 0,8 times the voltage value at which the fifth clearing occurred, or 0,8 times the maximum voltage, and maintained for 10 s. One additional clearing is permitted during this period.

The capacitors shall be deemed to have passed the test if no significant change of capacitance can be observed between the measurements before and after the test.

Self-healing breakdowns during the test may be detected by an oscilloscope or by acoustic or high-frequency test methods.

2.14 Short-circuit discharge test

The units shall be charged by means of d.c. and then discharged through a 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 $2 U_N$.

The capacitance shall be measured (see 2.3.1) before and after the test. The measurement shall not differ by an amount corresponding either to the breakdown of an element, or to the blowing of an internal fuse, or by more than 2 %.

For self-healing capacitors the change of capacitance shall be less than 0,5 %. For these capacitors the measurement of the tangent of the loss angle (see 2.4) shall be carried out before and after the test. The increase of $\tan \delta$ before and after the test shall not be greater than 20 %.

2.15 Ageing test (see IEC 60110-2)

2.16 Destruction test (see IEC 60110-2)

2.17 Disconnecting tests on internal fuses, if any (see IEC 60110-2)

3 Surcharges

3.1 Tension maximale admissible

Les condensateurs unitaires ne sont pas prévus pour fonctionner de façon prolongée avec une tension efficace entre bornes dépassant la tension assignée, à l'exclusion des tensions transitoires.

Le fonctionnement à une tension ne dépassant pas $1,05 U_N$ est permis 12 h par jour.

La valeur maximale d'une tension de crête répétitive ne doit pas dépasser $1,05 \times \sqrt{2} \times U_N$.

Pendant les régimes transitoires, la tension instantanée entre les bornes et entre les bornes et l'enveloppe ne doit pas dépasser $2\sqrt{2} \times 1,05 U_N$.

3.2 Surtensions de manoeuvre

La manoeuvre d'une batterie de condensateurs par un disjoncteur sans réamorçages provoque habituellement une surtension transitoire dont la première crête ne dépasse pas $2\sqrt{2}$ fois la valeur efficace de la tension appliquée pendant une durée maximale d'une demi-période.

On peut admettre environ 5 000 manoeuvres par an dans ces conditions, compte tenu qu'un certain nombre d'entre elles peuvent se produire quand la température interne du condensateur est inférieure à 0 °C, mais à l'intérieur de la catégorie de température (la crête de surintensité transitoire correspondante peut atteindre 100 fois I_N (voir annexe B)).

Dans le cas de condensateurs manoeuvrés plus fréquemment, l'amplitude de la surtension, sa durée et l'amplitude du courant transitoire doivent être limitées à un niveau plus faible (voir aussi 6.5).

Ces limitations et/ou ces réductions doivent faire l'objet d'un accord entre fabricant et acheteur.

3.3 Courant maximal admissible

Les condensateurs unitaires doivent être aptes à fonctionner en permanence avec le courant efficace maximal indiqué ci-après, exception faite des régimes transitoires.

Fréquence assignée f_N	Courant maximal admissible
≤ 60 Hz	$1,2 I_N$
> 60 Hz	$1,15 I_N$

Ces coefficients de surintensité sont choisis pour tenir compte des effets combinés de la présence d'harmoniques, de surtensions, de tolérance sur la capacité et de l'augmentation de fréquence.

3 Overloads

3.1 Maximum permissible voltage

Capacitor units are not suitable for prolonged operation at an r.m.s. voltage between terminals exceeding the rated voltage, excluding transients.

Operation at a voltage not exceeding $1,05 U_N$ is permitted up to 12 h per day.

The maximum value of a repetitive peak voltage shall not exceed $1,05 \times \sqrt{2} \times U_N$.

During transient conditions, the instantaneous voltage between terminals and between terminals and the container shall not exceed $2 \sqrt{2} \times 1,05 U_N$.

3.2 Switching voltages

The switching of a capacitor bank by a restrike-free circuit-breaker usually causes a transient overvoltage, the first peak of which does not exceed $2 \sqrt{2}$ times the applied voltage (r.m.s. value) for a maximum duration of half cycle.

About 5 000 switching operations per year are acceptable under these conditions, taking into account the fact that some of them may take place when the internal temperature of the capacitor is less than 0 °C but within the temperature category (the corresponding transient overcurrent may reach a peak value up to 100 times I_N (see annex B)).

In the case of capacitors that are switched more frequently, the values of the overvoltage amplitude and duration and the transient overcurrent shall be limited to lower levels (see also 6.5).

These limitations and/or reductions shall be agreed upon between manufacturer and purchaser.

3.3 Maximum permissible current

Capacitor units shall be suitable for continuous operation at a maximum r.m.s. current, excluding transients, as indicated:

Rated frequency f_N	Maximum permissible current
≤ 60 Hz	$1,2 I_N$
> 60 Hz	$1,15 I_N$

These overcurrent factors intend to take care of the combined effect of harmonics, overvoltages, capacitance tolerance and increased frequency.

4 Prescriptions de sécurité

4.1 Lignes de fuite

Les lignes de fuite et les degrés de pollution sont actuellement à l'étude.

4.2 Dispositif de décharge

Des moyens doivent être prévus, internes ou externes aux condensateurs, pour que tous les condensateurs soient déchargés à 75 V ou à moins de 75 V en 3 min, à partir d'une tension de crête initiale égale à $\sqrt{2}$ fois la tension assignée U_N .

Il ne doit y avoir aucun interrupteur, fusible ou autre dispositif d'isolement entre le condensateur et le dispositif de décharge.

NOTE – Pour des applications nécessitant un temps de décharge plus court, des résistances de décharge commutées peuvent être utilisées en complément du dispositif de sécurité (voir 6.5.4).

L'utilisation d'un dispositif de décharge ne dispense pas de mettre les bornes en court-circuit et à la terre avant toute manipulation.

NOTE 1 – Les conditions de fonctionnement sous une tension supérieure à la tension assignée peuvent provoquer l'apparition d'une tension résiduelle supérieure à 75 V.

NOTE 2 – Il y a lieu de souligner que des temps de décharge et des tensions résiduelles de valeurs plus réduites sont prescrits dans certains pays. Dans ce cas, l'acheteur est tenu d'en informer le fabricant.

NOTE 3 – Il convient que les circuits de décharge soient dimensionnés de façon à supporter le courant de décharge du condensateur à partir de la valeur de crête des surtensions prévues en 3.1.

4.3 Connexions à l'enveloppe

Ce paragraphe ne s'applique qu'aux condensateurs munis d'une enveloppe métallique.

Pour pouvoir fixer le potentiel de l'enveloppe métallique du condensateur, et de façon à évacuer le courant de défaut en cas de claquage du condensateur à la cuve, les cuves métalliques doivent comporter une connexion capable d'écouler le courant de défaut.

4.4 Protection de l'environnement

Lorsque les condensateurs sont imprégnés de produits qui ne doivent pas être dispersés dans l'environnement, les précautions nécessaires doivent être prises à cet effet.

De nombreux pays ont une législation à ce sujet.

Les condensateurs unitaires et la batterie doivent comporter une étiquette appropriée, si cela est prescrit.

4.5 Autres règles de sécurité

L'utilisateur doit spécifier dès l'appel d'offres toute prescription spéciale résultant des règles de sécurité en vigueur dans le pays où le condensateur doit être installé.

4 Safety requirements

4.1 Creepage distances

Creepage distances and degrees of pollution are currently under consideration.

4.2 Discharge device

Means shall be provided, either internal or external to the capacitors, for discharging all capacitors in 3 min to 75 V or less, from an initial peak voltage of $\sqrt{2}$ times the rated voltage U_N .

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

NOTE – For applications requiring a shorter discharge time, switched discharge resistors may be used in addition to the safety device (see 6.5.4).

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

NOTE 1 – Operating conditions above the rated voltage may cause a residual voltage over 75 V.

NOTE 2 – Attention is drawn to the fact that, in some countries, smaller discharge time and residual voltage are required. In this event, the purchaser should inform the manufacturer.

NOTE 3 – Discharge circuits should have adequate current-carrying capacity to discharge the capacitor from the peak of the overvoltage according to 3.1.

4.3 Container connections

This subclause applies to capacitors with metal containers only.

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 container, the metallic container shall be provided with a connection capable of carrying the fault current.

4.4 Protection of the environment

When capacitors are impregnated with materials that must not be dispersed into the environment, the necessary precautions shall be taken.

In many countries there exist legal requirements in this respect.

The units and the bank shall be labelled accordingly, if so required.

4.5 Additional safety requirements

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

5 Marquages

5.1 Marquage du condensateur unitaire

5.1.1 Plaque signalétique

Certaines indications doivent être marquées de façon indélébile sur chaque condensateur unitaire, soit directement, soit sur une plaque. Ces indications sont les suivantes:

- a) nom du fabricant ou marque;
- b) numéro d'identification et année de fabrication; l'année de fabrication peut faire partie du numéro d'identification ou être indiquée sous forme de code;
- c) puissance assignée Q_N en kvar, ou capacité assignée C_N en μF ;
- d) tension assignée U_N en V ou kV ou courant assigné I_N en A;
- e) fréquence assignée f_N en Hz ou kHz;
- f) refroidissement et catégorie de température.

Le type de refroidissement et la catégorie de température doivent être indiqués de la manière suivante en utilisant les symboles et les valeurs données en 1.4.1.3.

- 1) type de refroidissement;
- 2) température minimale de la catégorie;
- 3) température maximale de la catégorie;
- 4) sortie si cela est applicable (pour les condensateurs à refroidissement forcé seulement);
- 5) débit du fluide de refroidissement (pour les condensateurs à refroidissement forcé seulement):

exemple: AN –25/40
 AF –25/40 sortie 4 m/s
 EF 0/40 sortie 5 l/min

- g) dispositif de décharge, s'il est interne, indiqué en toutes lettres, ou par le symbole  ou par la résistance assignée en kilohms ($k\Omega$), ou mégohms ($M\Omega$);
- h) présence éventuelle de fusibles internes, indiquée en toutes lettres ou par le symbole ;
- i) présence éventuelle de déconnecteurs sensibles à la pression, indiquée en toutes lettres ou par les initiales PSI;
- j) tension la plus élevée pour le matériel U_m en kilovolts (kV), seulement pour les condensateurs unitaires dont toutes les bornes sont isolées de l'enveloppe;
- k) propriété d'autorégénération pour les condensateurs autorégénérateurs, indiquée par le mot «autorégénérateur», ou par les initiales SH, ou par le symbole ;
- l) référence à la CEI 60110-1 avec mention de l'année d'édition.

Les indications suivantes doivent également être données si elles s'appliquent, sur demande:

- m) valeur mesurée de la capacité;
- n) valeur de la tension continue superposée;
- o) référence pour l'identification du produit d'imprégnation, s'il y a lieu.

5 Markings

5.1 Marking of the capacitor unit

5.1.1 Rating plate

The following information shall be marked indelibly on each capacitor unit, either directly or on a plate:

- a) manufacturer's name or trademark;
- b) identification number and year of manufacture; the year may be part of the identification number or be in code form;
- c) rated output Q_N in kvar, or rated capacitance C_N in μF ;
- d) rated voltage U_N in V or kV or rated current I_N in A;
- e) rated frequency f_N in Hz or kHz;
- f) cooling and temperature category.

The cooling type and the temperature category shall be indicated in the following order, using the symbols and values given in 1.4.1.3:

- 1) type of cooling;
- 2) lower category temperature;
- 3) upper category temperature;
- 4) outlet, if applicable (forced-cooled capacitors only);
- 5) flow rate of cooling-medium (forced-cooled capacitors only);

for example: AN –25/40
 AF –25/40 outlet 4 m/s
 WF 0/40 outlet 5 l/min

- g) discharge device, if internal, indicated by wording, or by the symbol  or by the rated resistance in kilohms ($\text{k}\Omega$), or megohms ($\text{M}\Omega$);
- h) internal fuses, if included, indicated by wording or by the symbol ;
- i) pressure-sensitive interrupter, if any, indicated by wording or by the initials PSI;
- j) highest voltage for equipment U_m in kilovolts (kV), only for units having all terminals insulated from the container;
- k) self-healing ability, for self-healing capacitors, by means of the wording "SELF-HEALING", or "SH", or of the symbol ;
- l) reference to IEC 60110-1 mentioning the year of issue.

The following information shall be given additionally, if applicable and requested:

- m) measured value of the capacitance;
- n) value of the superimposed d.c. voltage;
- o) reference for the identification of the impregnant, if any.

5.1.2 Notice d'instructions

Selon accord entre fabricant et acheteur, les indications suivantes doivent figurer sur une notice d'instructions:

- a) schémas des connexions internes des condensateurs;
- b) repérage des bornes;
- c) valeurs maximales de la tension et du courant, si le condensateur est prévu pour fonctionner à fréquence variable (voir 6.7).

Pour les condensateurs refroidis à l'eau, il convient d'ajouter les indications suivantes:

- d) échauffement de l'eau de refroidissement entre l'entrée et la sortie de la canalisation d'une unité de condensateur, qui se produit lorsque le condensateur fonctionne avec le débit d'eau minimal autorisé et la puissance maximale admissible;
- e) différence maximale de la pression d'eau entre l'entrée et la sortie pour le débit assigné.

5.2 Marquage des batteries

Les informations minimales suivantes doivent être données par le fabricant dans une notice d'instructions, ou, à la demande de l'acheteur, sur la plaque signalétique:

- a) nom du fabricant ou marque;
- b) puissance assignée Q_N en kilovars (kvar), (la puissance totale doit être indiquée);
- c) tension assignée U_N en volts (V) ou kilovolts (kV);
- d) durée minimale prescrite entre un déclenchement et un réenclenchement de la batterie;
- e) masse en kilogrammes (kg).

6 Guide d'installation et d'exploitation

6.1 Généralités

Par rapport aux condensateurs de puissance relevant de la CEI 60871, de la CEI 60831 et de la CEI 60931, la concentration de puissance dans les batteries de condensateurs suivant la présente norme est si élevée et la tension assignée si basse que des problèmes spécifiques surgissent à cause des courants élevés à transiter et de la quantité de chaleur importante à dissiper.

Des problèmes surgissent également en ce qui concerne la commutation à haute fréquence, les mesures de températures, etc. C'est pourquoi il est nécessaire de vérifier soigneusement les conditions de fonctionnement.

Les informations suivantes relatives à l'installation et à l'exploitation ne se rapportent qu'aux problèmes les plus importants à prendre en considération. En outre, les instructions du fabricant doivent être respectées.

6.2 Dispositions permettant d'obtenir un refroidissement convenable

6.2.1 Condensateurs à circulation d'air naturelle

Il convient d'installer les condensateurs de manière à permettre la circulation de l'air de refroidissement entre les condensateurs.

Si plusieurs rangées de condensateurs sont superposées, il est important de vérifier que la température ne dépasse pas la température maximale admissible de l'air de refroidissement, même au niveau de la rangée la plus élevée.

Il convient en outre de s'assurer que le local ou le bâtiment possède une ventilation suffisante.

5.1.2 Instruction sheet

The following information shall be given on an instruction sheet, if agreed between manufacturer and purchaser:

- a) connection diagrams of subdivided capacitors;
- b) terminal markings;
- c) operating limits of voltage and current, if the capacitor is intended to be operated at varying frequency (see 6.7).

For water-cooled capacitors, the following items should be added:

- d) temperature rise of the cooling-water between inlet and outlet of the duct of one capacitor unit, which occurs when the capacitor is operated at the minimum permissible water flow and the maximum permissible load;
- e) maximum difference of water pressure between inlet and outlet at the rated flow rate.

5.2 Marking of the bank

The following minimum information shall be given by the manufacturer in an instruction sheet, or alternatively, on request of the purchaser, on a rating plate:

- a) manufacturer's name or trade mark;
- b) rated output Q_N in kilovars (kvar) (total output to be given);
- c) rated voltage U_N in volts (V) or kilovolts (kV);
- d) minimum time required between disconnection and reclosure of the bank;
- e) mass in kilogrammes (kg).

6 Guide for installation and operation

6.1 General

In comparison with power capacitors covered by IEC 60871, IEC 60831 and IEC 60931, the concentration of power in banks of capacitors covered by this standard is so high and the rated voltage so low that special problems arise due to the heavy currents to be carried and the large amount of heat to be dissipated.

Problems also arise in switching at high frequencies, measurements of temperature, etc. It is therefore necessary to check the operating conditions carefully.

The following information on installation and operation relates only to the most important points to be considered. In addition, the instructions of the manufacturer shall be followed.

6.2 Measures to obtain adequate cooling

6.2.1 Air-cooled self-ventilated capacitors

The capacitors should be mounted in such a way that the cooling air may enter the air gaps between the capacitors.

If several rows of capacitors are arranged one above the other, it is important to check that the maximum permissible temperature of the cooling-air is not exceeded even for the uppermost row.

It should be recognized that adequate ventilation of the room or building should be available.

6.2.2 Condensateurs à circulation d'air forcée

Pour ce type de condensateurs, l'efficacité du refroidissement dépend de la température de l'air et de sa vitesse le long des parois de chaque condensateur. Il convient donc que le réalisateur de l'installation veille à ce que la vitesse minimale prescrite pour l'air soit atteinte dans les intervalles le long de chaque unité.

Il est nécessaire que le fabricant indique les pertes des condensateurs unitaires lorsqu'ils fonctionnent dans des conditions normales.

6.2.3 Condensateurs à refroidissement par eau

Il convient que la température maximale admissible de l'eau de refroidissement à la sortie des condensateurs (température de sortie) ne soit pas dépassée (voir 1.4.1.3 et 5.1.1, point f), et que le débit de l'eau de refroidissement ne soit jamais inférieur à la valeur minimale admissible (voir 2.9.1.3 et 5.1.1, point f).

Si les conduites d'eau de plusieurs condensateurs unitaires sont reliées en série, cette prescription est applicable à la dernière unité dans le sens d'écoulement de l'eau.

Etant donné que l'alimentation en eau de refroidissement n'est pas toujours régulière, il convient que l'utilisateur de l'installation veille à ce que la température de l'eau à la sortie ne dépasse pas sa valeur admissible.

Il convient également que la limite supérieure de la température de l'air ambiant indiquée en 1.4.1.3 ne soit pas dépassée.

Il convient que l'eau de refroidissement soit mécaniquement et optiquement propre et chimiquement neutre. Dans le cas de refroidissement direct de parties sous tension, il convient que la conductivité électrique de l'eau soit inférieure à 300 S/m afin de limiter les courants de fuite.

Il convient que des mesures soient prises pour s'assurer que les conditions de refroidissement restent dans les limites spécifiées.

6.3 Choix de la tension assignée, du courant assigné et de la puissance assignée

Il convient que le réalisateur de l'installation choisisse les condensateurs de telle manière qu'en fonctionnement et compte tenu des harmoniques, la charge appliquée ne dépasse pas les valeurs assignées de tension, de courant, et de puissance du type de condensateur choisi.

6.4 Condensateurs pour manoeuvres fréquentes en charge

Le paragraphe 3.2 indique le nombre maximal permissible de manoeuvres que le condensateur doit pouvoir supporter annuellement. Si ce nombre doit être dépassé, il convient d'utiliser un condensateur spécial dont la conception fait l'objet d'un accord entre le fabricant et l'acheteur.

6.5 Choix de l'appareillage et des méthodes de manoeuvre pour manoeuvres en charge

6.5.1 Choix de l'appareillage

Pour les manoeuvres de condensateurs, il convient d'utiliser uniquement un appareillage capable de fonctionner sans réamorçage.

6.2.2 Air-cooled forced-ventilated capacitors

For air-cooled forced-ventilated capacitors, the effectiveness of the cooling-air depends on the temperature and the velocity of the air flowing along each capacitor. Therefore, the designer of the capacitor bank should ensure that the minimum air velocity which is required in the gaps is attained.

It is necessary for the capacitor manufacturer to declare the losses of the capacitor under normal operating conditions.

6.2.3 Water-cooled capacitors

The maximum permissible temperature of the cooling-water flowing out from the capacitors (outlet temperature) should not be exceeded (see 1.4.1.3 and 5.1.1, item f), and the rate of flow of the cooling-water should never fall below the minimum permitted value (see 2.9.1.3 and 5.1.1, item f).

If the water ducts of several capacitor units are connected in series, these conditions should be fulfilled for the last unit in the direction of the water flow.

As the cooling-water supply will not be uniform at all times, the user of the capacitor plant should ensure that the limit for the outlet temperature of the cooling-water is not exceeded.

The upper limit for the air temperature stated in 1.4.1.3 should also not be exceeded.

The cooling-water should be mechanically and optically clean and chemically neutral. In case of direct cooling of live parts the electrical conductivity should be below 300 S/m in order to limit leakage currents.

Measures should be provided to ensure that the limits of the cooling conditions are kept within the specified values.

6.3 Choice of rated voltage, current and output

The designer of the capacitor should select the capacitors so that during operation and taking harmonics into account, the load applied does not exceed the rated voltage, rated current and rated output of those capacitors.

6.4 Capacitors for frequent switching on load

In 3.2, the maximum permissible number of switching operations per year is stated. If this quantity is to be exceeded, a special design should be agreed between manufacturer and purchaser.

6.5 Choice of switchgear and switching methods for switching on load

6.5.1 Choice of switchgear

For switching capacitors, only a switchgear which is capable of performing restrike-free operations should be used.

Cependant, même des appareillages correctement choisis et réglés convenablement peuvent provoquer des réamorçages après un nombre élevé de commutations. Pour éviter les réamorçages qui pourraient causer des défaillances de condensateurs, il est important d'assurer un entretien régulier de l'appareillage.

Cependant, dans le cas des courants à haute fréquence, un appareillage de conception normale, soigneusement choisi et entretenu, n'est pas capable de couper le condensateur sans réamorçage si le temps de coupure de l'interrupteur est égal ou supérieur à une demi-période du courant de l'installation.

Pour éviter des contraintes excessives sur les condensateurs, il convient d'employer des dispositifs de manoeuvre instantanés, comme des thyristors ou des interrupteurs normaux combinés avec des dispositifs adéquats ajoutés au circuit à couper.

6.5.2 Caractéristiques relatives au courant

Il convient que les dispositifs de manoeuvre et de protection ainsi que leurs connexions soient conçus de façon à supporter le courant maximal pouvant se produire dans toute condition d'exploitation.

Si ces dispositifs sont conçus pour 50 Hz ou 60 Hz, il convient de prendre en considération un facteur de réduction approprié.

6.5.3 Manoeuvre des condensateurs raccordés en parallèle

Si un condensateur doit être raccordé en parallèle avec d'autres condensateurs déjà sous tension, il convient que les dispositifs de manoeuvre et de protection ainsi que les connexions soient capables de supporter les contraintes d'ordre électrodynamique résultant des surintensités transitoires lors de l'enclenchement.

Lorsque les contraintes électrodynamiques risquent d'être trop élevées, il y a lieu de prendre des mesures spéciales, comme l'enclenchement avec insertion de résistances ou de réacteurs dans le circuit d'alimentation de chaque portion de la batterie, afin de réduire ces effets transitoires.

6.5.4 Manoeuvres répétées

Conformément à 3.2 et à 4.2, les condensateurs ne sont prévus pour être enclenchés que lorsqu'ils sont presque déchargés. Si l'on effectue des manoeuvres à très courts intervalles, les résistances de décharge prévues en 4.2 déchargent les condensateurs trop lentement. En pareil cas, il convient que le réalisateur de l'installation détermine la durée minimale entre les manoeuvres successives et choisisse un dispositif de décharge adapté à cette durée.

6.6 Manoeuvres des condensateurs munis de fusibles

Pour les condensateurs munis de fusibles, il est indispensable de vérifier que le courant transitoire se produisant lors de la manoeuvre de l'interrupteur ne dépasse pas le courant que peuvent supporter les fusibles.

Cette prescription est également applicable aux condensateurs unitaires qui sont manoeuvrés en parallèle sur une batterie demeurant en permanence sous tension.

However, even when a switchgear has been carefully chosen and correctly adjusted, restrikes may occur after a large number of operations. To avoid restrikes, which could cause the failure of a capacitor, regular servicing is very important.

For high-frequency currents, however, a carefully selected and serviced switchgear of normal design is not able to switch off a capacitor without restrike, if the operating time of the switchgear is equal to or longer than the duration of a half-cycle of the frequency of the power supply.

To avoid overstressing of capacitors, instantaneously operating switchgear such as thyristors or normal switchgear in combination with additional measures within the switched circuit should be employed.

6.5.2 Current characteristics

The switching and protective devices and their connections should be designed to carry the maximum current occurring under any condition of use.

If these devices are designed for normal use at 50 Hz or 60 Hz, an appropriate derating factor should be considered.

6.5.3 Switching of capacitors connected in parallel

If a capacitor is to be switched in parallel with other capacitors already energized, the switching and protective devices and the connections should be capable of withstanding the electro-dynamic stresses which are caused by the transient over-current which may occur at switching-on.

If the electro-dynamic stresses are likely to be excessive, special precautions should be taken to reduce these transient effects, such as resistance switching, or insertion of reactors in the supply circuit to each section of the capacitor bank.

6.5.4 Switching at short intervals

Corresponding to 3.2 and 4.2, the capacitors are designed to be switched on in an almost discharged condition. If the capacitors are switched at very short intervals, discharge resistors complying with 4.2 discharge the capacitor too slowly. In this case, the designer of the bank should determine the shortest time between switching operations and choose a discharge device suitable for that time.

6.6 Switching of capacitors with fuses

For capacitors with fuses, it is necessary to ensure that the transient current occurring at the operation of the switch does not exceed the withstand current of the fuses.

The requirement applies also to single capacitors which are switched in parallel with a capacitor bank which is permanently connected in circuit.