

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

1071-1

Première édition
First edition
1991-09

**Condensateurs pour l'électronique
de puissance**

**Partie 1:
Généralités**

Power electronic capacitors

**Part 1:
General**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 1071-1: 1991

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 auprès du Bureau Central de la CEI.

Les renseignements relatifs à ces révisions, à l'établissement des éditions révisées et aux amendements peuvent être obtenus auprès des Comités nationaux de la CEI et dans les documents ci-dessous:

- **Bulletin de la CEI**
- **Annuaire de la CEI**
Publié annuellement
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement

Terminologie

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 50: *Vocabulaire Electrotechnique International* (VEI), qui se présente sous forme de chapitres séparés traitant chacun d'un sujet défini. Des détails complets sur le VEI peuvent être obtenus sur demande. Voir également le dictionnaire multilingue de la CEI.

Les termes et définitions figurant dans la présente publication ont été soit tirés du VEI, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Symboles graphiques et littéraux

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera:

- la CEI 27: *Symboles littéraux à utiliser en électro-technique;*
- la CEI 417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles;*
- la CEI 617: *Symboles graphiques pour schémas;*

et pour les appareils électromédicaux,

- la CEI 878: *Symboles graphiques pour équipements électriques en pratique médicale.*

Les symboles et signes contenus dans la présente publication ont été soit tirés de la CEI 27, de la CEI 417, de la CEI 617 et/ou de la CEI 878, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Publications de la CEI établies par le même comité d'études

L'attention du lecteur est attirée sur les listes figurant à la fin de cette publication, qui énumèrent les publications de la CEI préparées par le comité d'études qui a établi la présente publication.

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 from the IEC Central Office.

Information on the revision work, the issue of revised editions and amendments may be obtained from IEC National Committees and from the following IEC sources:

- **IEC Bulletin**
- **IEC Yearbook**
Published yearly
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates

Terminology

For general terminology, readers are referred to IEC 50: *International Electrotechnical Vocabulary* (IEV), which is issued in the form of separate chapters each dealing with a specific field. Full details of the IEV will be supplied on request. See also the IEC Multilingual Dictionary.

The terms and definitions contained in the present publication have either been taken from the IEV or have been specifically approved for the purpose of this publication.

Graphical and letter symbols

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications:

- IEC 27: *Letter symbols to be used in electrical technology;*
- IEC 417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets;*
- IEC 617: *Graphical symbols for diagrams;*

and for medical electrical equipment,

- IEC 878: *Graphical symbols for electromedical equipment in medical practice.*

The symbols and signs contained in the present publication have either been taken from IEC 27, IEC 417, IEC 617 and/or IEC 878, or have been specifically approved for the purpose of this publication.

IEC publications prepared by the same technical committee

The attention of readers is drawn to the end pages of this publication which list the IEC publications issued by the technical committee which has prepared the present publication.

**NORME
INTERNATIONALE**

**CEI
IEC**

**INTERNATIONAL
STANDARD**

1071-1

Première édition
First edition
1991-09

**Condensateurs pour l'électronique
de puissance**

**Partie 1:
Généralités**

Power electronic capacitors

**Part 1:
General**

© CEI 1991 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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

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

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



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

V

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

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	6
Articles	
SECTION 1 - GÉNÉRALITÉS	
1.1 Domaine d'application et objet	8
1.2 Références normatives	10
1.3 Définitions	10
1.4 Conditions de service	16
SECTION 2 - PRESCRIPTIONS DE QUALITÉ ET ESSAIS	
2.1 Prescriptions relatives aux essais	20
2.2 Classification des essais	22
2.3 Mesure de la capacité et de la tangente δ (essai individuel)	24
2.4 Mesure de la tangente de l'angle de pertes ($\tan \delta$) du condensateur (essai de type)	26
2.5 Essai de tension entre bornes	26
2.6 Essai en tension alternative entre les bornes et le boîtier	28
2.7 Essai du dispositif interne de décharge	28
2.8 Essai d'étanchéité	30
2.9 Essai de décharge	30
2.10 Essai de stabilité thermique	30
2.11 Essai d'autorégénération (à l'étude)	32
2.12 Mesure de la fréquence de résonance	34
2.13 Essais climatiques	34
2.14 Essais mécaniques	34
2.15 Essai d'endurance (à l'étude)	34
SECTION 3 - SURCHARGES	
3.1 Tension maximale admissible	36
SECTION 4 - RÈGLES DE SÉCURITÉ	
4.1 Dispositif de décharge	36
4.2 Connexions de masse	38
4.3 Protection de l'environnement	38
4.4 Autres règles de sécurité	38

CONTENTS

	Page
FOREWORD	7

Clause

SECTION 1 - GENERAL

1.1 Scope and object	9
1.2 Normative references	11
1.3 Definitions	11
1.4 Service conditions	17

SECTION 2 - QUALITY REQUIREMENTS AND TESTS

2.1 Test requirements	21
2.2 Classification of tests	23
2.3 Capacitance and $\tan \delta$ measurements (routine test)	25
2.4 Capacitor loss tangent ($\tan \delta$) measurement (type test)	27
2.5 Voltage test between terminals	27
2.6 A.C. voltage test between terminals and container	29
2.7 Test of internal discharge device	29
2.8 Sealing test	31
2.9 Surge discharge test	31
2.10 Thermal stability test	31
2.11 Self-healing test (under consideration)	33
2.12 Resonance frequency measurement	35
2.13 Climatic tests	35
2.14 Mechanical tests	35
2.15 Endurance test (under consideration)	35

SECTION 3 - OVERLOADS

3.1 Maximum permissible voltage	37
---------------------------------------	----

SECTION 4 - SAFETY REQUIREMENTS

4.1 Discharge device	37
4.2 Container connections	39
4.3 Protection of the environment	39
4.4 Other safety requirements	39

SECTION 5 - MARQUAGES

5.1	Marquage des unités	38
-----	---------------------------	----

SECTION 6 - DIRECTIVES POUR L'INSTALLATION ET L'UTILISATION

6.1	Généralités	40
6.2	Choix de la tension assignée	42
6.3	Température de fonctionnement	42
6.4	Conditions spéciales de service	48
6.5	Surtensions	48
6.6	Surcharges	50
6.7	Appareils de commande et de protection	50
6.8	Raccordement	50
6.9	Choix de la ligne de fuite	52
6.10	Connexions en parallèle de condensateurs	52
6.11	Condensateurs connectés en série	52
6.12	Pertes magnétiques et courants de Foucault	52

ANNEXES (normatives)

A	Formes d'onde	54
B	Limites de fonctionnement des condensateurs en tension sinusoïdale, en fonction de la fréquence et à la température maximale ($\theta_{\max}$)	58
C	Méthodes de mesure de la fréquence de résonance	62

SECTION 5 - MARKINGS

5.1	Marking of the units	39
-----	----------------------------	----

SECTION 6 - GUIDE TO INSTALLATION AND OPERATION

6.1	General	41
6.2	Choice of the rated voltage	43
6.3	Operating temperature	43
6.4	Special service conditions	49
6.5	Overvoltages	49
6.6	Overload currents	51
6.7	Switching and protective devices	51
6.8	Connections	51
6.9	Choice of creepage distance	53
6.10	Parallel connections of capacitors	53
6.11	Series connections of capacitors	53
6.12	Magnetic losses and eddy currents	53

ANNEXES (normative)

A	Waveforms	55
B	Operational limits of capacitors with sinusoidal voltages as a function of frequency, and at maximum temperature ($\theta_{\max}$)	59
C	Resonance frequency measuring methods	63

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

CONDENSATEURS POUR L'ÉLECTRONIQUE DE PUISSANCE

Partie 1: Généralités

AVANT-PROPOS

- 1) Les décisions ou accords officiels de la CEI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des Comités d'Etudes où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.
- 2) Ces décisions constituent des recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 3) Dans le but d'encourager l'unification internationale, la CEI exprime le vœu que tous les Comités nationaux adoptent dans leurs règles nationales le texte de la recommandation de la CEI, dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Toute divergence entre la recommandation de la CEI et la règle nationale correspondante doit, dans la mesure du possible, être indiquée en termes clairs dans cette dernière.
- 4) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand il est déclaré qu'un matériel est conforme à l'une de ses recommandations.

La présente partie de la Norme internationale CEI 1071 a été établie par le Comité d'Etudes n° 33 de la CEI: Condensateurs de puissance.

Le texte de cette partie est issu des documents suivants:

Règle des Six Mois	Rapport de vote
33(BC)90	33(BC)95

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

Les annexes A, B et C font partie intégrante de cette partie de la CEI 1071.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

POWER ELECTRONIC CAPACITORS

Part 1: General

FOREWORD

- 1) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters, prepared by Technical Committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with.
- 2) They have the form of recommendations for international use and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 3) In order to promote international unification, the IEC expresses the wish that all National Committees should adopt the text of the IEC recommendation for their national rules in so far as national conditions will permit. Any divergence between the IEC recommendation and the corresponding national rules should, as far as possible, be clearly indicated in the latter.
- 4) The IEC has not laid down any procedure concerning marking as an indication of approval and has no responsibility when an item of equipment is declared to comply with one of its recommendations.

This International Standard has been prepared by IEC Technical Committee No. 33: Power capacitors.

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

Six Months' Rule	Report on Voting
33(CO)90	33(CO)95

Full information on the voting for the approval of this part can be found in the Voting Report indicated in the above table.

Annexes A, B and C form an integral part of this part of IEC 1071.

CONDENSATEURS POUR L'ÉLECTRONIQUE DE PUISSANCE

Partie 1: Généralités

SECTION 1 - GÉNÉRALITÉS

1.1 Domaine d'application et objet

La présente partie de la CEI 1071 s'applique aux condensateurs destinés à être utilisés dans les équipements d'électronique de puissance, particulièrement pour:

- la commutation et la protection de semi-conducteurs,
- le filtrage et le stockage d'énergie.

La tension assignée des condensateurs couverts par cette partie est limitée à 10 000 V.

La fréquence de fonctionnement des systèmes utilisant ces condensateurs est généralement inférieure à 1 000 Hz, mais les fréquences d'impulsions peuvent atteindre plusieurs kilohertz, voire dans certains cas plus de 10 000 Hz.

Une distinction est faite entre les condensateurs pour courants alternatifs et les condensateurs pour courants continus.

Ils sont considérés comme des composants montés dans un boîtier fermé.

Les condensateurs concernés par cette partie comprennent les condensateurs destinés à être utilisés dans les appareillages électroniques de puissance tels que les convertisseurs à semiconducteurs selon la CEI 146 ou la CEI 411.

NOTES

1 Les condensateurs suivants sont exclus de cette partie:

- Condensateurs destinés à des installations de production de chaleur par induction, soumis à des fréquences comprises entre 40 et 24 000 Hz. (CEI 110).
- Condensateurs utilisés pour les moteurs et similaires (CEI 252).
- Condensateurs de filtrage d'harmonique des réseaux.
- Petits condensateurs à courant alternatif utilisés pour les lampes fluorescentes et à décharge (CEI 566).
- Condensateurs d'antiparasitage (CEI 384-14).
- Condensateurs shunt destinés à être installés sur des réseaux à courant alternatif de tension assignée supérieure à 1 000 V (CEI 871-1, 2).
- Condensateurs shunt de puissance autorégénérateurs destinés à être installés sur des réseaux à courant alternatif de tension assignée inférieure ou égale à 1 000 V (CEI 831-1, 2).
- Condensateurs shunt de puissance non autorégénérateurs destinés à être utilisés sur des réseaux à courant alternatif de tension assignée inférieure ou égale à 1 000 V (CEI 931-1, 2).
- Condensateurs pour l'électronique, qui ne sont pas utilisés dans les circuits de puissance (CEI 80 et CEI 166).
- Condensateurs-série destinés à être utilisés sur des réseaux (CEI 143).
- Condensateurs de couplage et diviseurs capacitifs (CEI 358).
- Condensateurs pour des applications exigeant le stockage d'énergie ou de fortes décharges de courant, comme les photocopieurs et les lasers.
- Condensateurs pour les fours à micro-ondes.

2 Sont en cours d'examen des prescriptions additionnelles pour les condensateurs protégés par des fusibles internes et disconnecteurs internes, ainsi que les essais d'autorégénération, d'endurance et de destruction.

3 Cette norme couvre une très grande variété de technologies de condensateurs pour répondre à de nombreuses applications.

Des exemples sont donnés en section 6.

POWER ELECTRONIC CAPACITORS

Part 1: General

SECTION 1 - GENERAL

1.1 Scope and object

This part of IEC 1071 applies to capacitors intended to be used in power electronic equipment, particularly for:

- semiconductor switching and protection,
- filtering and energy storage.

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

The operating frequency of the systems in which these capacitors are used is usually below 1 000 Hz, while the pulse frequencies may go up to several 1 000 Hz in some cases beyond 10 000 Hz.

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

They are considered as components mounted in enclosures.

Capacitors within the scope of this part include those capacitors intended for use in power electronic equipment such as: Semiconductor converters according to IEC 146 or IEC 411.

NOTES

1 The following are excluded from this part:

- Capacitors for induction heat-generating plants operating at frequencies between 40 and 24 000 Hz (IEC 110).
- Capacitors for motor applications and the like (IEC 252).
- Capacitors to be used in circuits for blocking one or more harmonics in power supply networks.
- Small a.c. capacitors as used for fluorescent and discharge lamps (IEC 566).
- Capacitors for suppression of radio interference (IEC 384-14).
- Shunt capacitors for a.c. power systems having a rated voltage above 1 000 V (IEC 871-1, 2).
- Shunt power capacitors of the self-healing type for a.c. systems having a rated voltage up to and including 1 000 V (IEC 831-1, 2).
- 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 931-1, 2).
- Electronic capacitors not used in power circuits, (IEC 80 and 166).
- Series capacitors for power systems (IEC 143).
- Coupling capacitors and capacitor dividers (IEC 358).
- Capacitors for applications requiring energy storage/high current discharge such as photocopiers and lasers.
- Capacitors for microwave ovens.

2 Additional requirements for capacitors to be protected by internal fuses and internal disconnecting devices, as well as requirements for self-healing tests, endurance tests and destruction tests are under consideration.

3 This standard covers an extremely wide range of capacitor technologies for numerous applications.

Examples are given in section 6.

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 pour l'utilisation.

1.2 Références normatives

Les normes suivantes contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente partie de la CEI 1071. Au moment de la publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Toute norme est sujette à révision et les parties prenantes aux accords fondés sur la présente partie de la CEI 1071 sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des normes indiquées ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

CEI 68: Essais d'environnement.

CEI 68-2-6: 1982, Essais d'environnement - Deuxième partie: Essais - Essai Fc et guide: Vibrations (sinusoïdales).

CEI 146: Convertisseurs à semiconducteurs.

CEI 411: Convertisseurs de puissance pour la traction.

CEI 664A: 1981, Coordination de l'isolement dans les systèmes (réseaux) à basse tension, y compris les distances d'isolement dans l'air et les lignes de fuite des matériels. Premier complément.

1.3 Définitions

1.3.1 élément de condensateur (ou élément): Partie indivisible de condensateur, constituée de deux électrodes séparées par un diélectrique.

1.3.2 condensateur unitaire (ou unité): Ensemble d'un ou de plusieurs éléments de condensateurs placés dans une même enveloppe et reliés à des bornes de sortie.

1.3.3 batterie de condensateurs: Ensemble de deux ou de plusieurs condensateurs unitaires, connectés électriquement entre eux.

1.3.4 condensateur: Terme général utilisé quand il n'est pas nécessaire de faire référence à un élément, à une unité ou à une batterie de condensateurs.

1.3.5 ensemble de condensateurs: Ensemble de condensateurs unitaires avec leurs accessoires de connexion à un réseau.

The object of this standard is:

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

1.2 Normative references

The following standards contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this part of IEC 1071. At the time of publication, the editions indicated were valid. All standards are subject to revision, and parties to agreements based on this part of IEC 1071 are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the standards listed below. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 68: *Environmental testing.*

IEC 68-2-6: 1982, *Environmental testing - Part 2: Tests - Test Fc and guidance: Vibration (sinusoidal).*

IEC 146: *Semiconductor converters.*

IEC 411: *Power converters for electric traction.*

IEC 664A: 1981, *Insulation co-ordination within low-voltage systems, including clearances and creepage distances for equipment. First supplement.*

1.3 Definitions

1.3.1 **capacitor element (or element):** An indivisible part of a capacitor consisting of two electrodes separated by a dielectric.

1.3.2 **capacitor unit (or unit):** An assembly of one or more capacitor elements in the same container with terminals brought out.

1.3.3 **capacitor bank:** An assembly of two or more capacitor units, electrically connected to each other.

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

1.3.5 **capacitor equipment:** An assembly of capacitor units and their accessories intended for connection to a network.

1.3.6 condensateur pour électronique de puissance: Condensateur de puissance destiné à être utilisé dans des appareillages d'électronique de puissance et capable de fonctionner continuellement avec des intensités et tensions non sinusoïdales.

1.3.7 condensateur à armature métallique (non auto-régénérateur): Condensateur dont les électrodes sont constituées généralement par des feuilles métalliques séparées par un diélectrique. En cas de claquage du diélectrique, le condensateur ne se restaure pas.

1.3.8 condensateur auto-régénérateur, à diélectrique métallisé: Condensateur dont les électrodes sont métallisées (généralement par évaporation). En cas de claquage du diélectrique, le condensateur se restaure.

1.3.9 condensateur pour courant alternatif: Condensateur essentiellement conçu pour travailler avec une tension alternative.

NOTE - Les condensateurs pour courant alternatif peuvent être utilisés avec une tension continue jusqu'à la tension assignée, mais seulement avec l'autorisation du constructeur de condensateurs.

1.3.10 condensateur pour courant continu: Condensateur essentiellement conçu pour travailler avec une tension continue.

NOTE - Les condensateurs pour courant continu peuvent être utilisés avec une tension alternative, mais seulement avec l'autorisation du constructeur de condensateurs.

1.3.11 modèle de condensateur: Petite unité pour simuler les essais électriques d'une unité complète ou d'un élément, sans réduire la sévérité des conditions électriques, thermiques ou mécaniques.

NOTE - Il faut considérer toujours la somme combinée des contraintes; par exemple la somme des conditions thermiques et mécaniques et des contraintes électriques.

1.3.12 coupe-circuit interne (d'un élément): Dispositif incorporé au condensateur qui déconnecte un élément ou un groupe d'éléments dans le cas d'un claquage.

1.3.13 déconnecteur de surpression: Système de déconnexion prévu pour couper le courant en cas d'accroissement anormal de la pression interne du condensateur.

1.3.14 dispositif interne de décharge: Dispositif pouvant être incorporé dans un condensateur et connecté aux bornes de l'unité, capable de ramener pratiquement à zéro la tension résiduelle du condensateur après qu'il a été déconnecté de sa source d'alimentation.

1.3.15 tension assignée en courant alternatif (U_N): Tension crête récurrente maximale de service de l'une ou de l'autre des polarités d'une forme d'onde réversible pour laquelle le condensateur a été conçu.

NOTES

- 1 L'onde peut avoir différentes formes - des exemples sont donnés dans l'annexe A.
- 2 La valeur moyenne de la forme d'onde peut être positive ou négative.
- 3 Il est important de noter que la tension assignée en courant alternatif n'est pas une valeur efficace.

1.3.6 power electronic capacitor: A power capacitor intended to be used in power electronic equipment and capable of operating continuously under non-sinusoidal current and voltage.

1.3.7 metal-foil capacitor (non self-healing): A capacitor in which the electrodes usually consist of metal foils separated by a dielectric, in the event of breakdown of the dielectric, the capacitor does not restore itself.

1.3.8 self-healing metallized dielectric capacitor: A capacitor, the electrodes of which are metallized (usually by evaporation); in the event of dielectric breakdown, the capacitor restores itself.

1.3.9 a.c. capacitor: A capacitor essentially designed for operation with alternating voltage.

NOTE - A.C. capacitors may be used with d.c. voltage up to the rated voltage only where authorized by the capacitor manufacturer.

1.3.10 d.c. capacitor: A capacitor essentially designed for operation with direct voltage.

NOTE - D.C. capacitors may be used with a.c. voltages only where authorized by the capacitor manufacturer.

1.3.11 model capacitor: A smaller unit which simulates a complete unit or element in an electrical test, without reducing the severity of the electrical, thermal or mechanical conditions.

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

1.3.12 Internal (element) fuse: A device incorporated in the capacitor which disconnects an element or a group of elements in the event of breakdown.

1.3.13 overpressure disconnecter: A disconnecting device designed to interrupt the current path in the case of abnormal increase of the internal pressure.

1.3.14 Internal discharge device: A device incorporated in the capacitor connecting the terminals of the unit, capable of reducing the residual voltage effectively to zero after the capacitor has been disconnected from the supply.

1.3.15 rated a.c. voltage (U_N): The maximum operating peak recurrent voltage of either polarity of a reversing type waveform for which the capacitor has been designed.

NOTES

- 1 The waveform can have many shapes - examples are given in annex A.
- 2 The mean value of the waveform may be positive or negative.
- 3 It is important to note that the rated a.c. voltage is not an r.m.s. value.

1.3.16 tension assignée en courant continu (U_N): Tension crête maximale de service de l'une ou l'autre des polarités, mais d'une forme d'onde non réversible pour laquelle, en fonctionnement continu, le condensateur a été conçu.

1.3.17 tension d'ondulation (u_r): Composante alternative crête à crête de la tension unidirectionnelle.

1.3.18 surtension non récurrente (u_s): Tension crête produite par une commutation ou par tout autre type de parasite du système qui est tolérable un nombre limité de fois et pendant une durée plus courte que la période de base.

1.3.19 tension d'isolement (U_i): Valeur efficace assignée de la tension d'isolation des éléments de condensateurs et bornes par rapport au boîtier ou à la terre. Si elle n'est pas spécifiée, la valeur efficace de la tension d'isolement est équivalente à la tension assignée divisée par $\sqrt{2}$.

1.3.20 courant crête maximal ($\hat{I}$): Amplitude maximale instantanée du courant qui existe en fonctionnement continu.

1.3.21 courant maximum ($I_{\max}$): Valeur efficace maximale du courant pour un fonctionnement continu.

1.3.22 surintensité maximale (I_s): Courant crête admissible produit par une commutation ou par tout autre parasite du système qui est autorisé un nombre limité de fois.

1.3.23 fréquence des impulsions (f_p): Récurrence des impulsions périodiques de courant.

1.3.24 largeur des impulsions de courant (τ): Durée de courant de charge ou de décharge, d'une valeur de tension à une autre du condensateur.

NOTE - Des exemples d'impulsion de courant sont données en annexe A.

1.3.25 fréquence de résonance (f_r): Plus basse fréquence pour laquelle l'impédance du condensateur est minimale.

1.3.26 cycle de fonctionnement:

a) **service continu:** Temps de fonctionnement pendant lequel le condensateur est la plupart du temps à son équilibre thermique.

b) **service intermittent:** Fonctionnement discontinu avec des conditions de charge variables qu'il convient de décrire en termes de périodes de marche-arrêt avec leur durée.

1.3.27 température de fonctionnement: Température du point le plus chaud du boîtier du condensateur à l'équilibre thermique.

1.3.28 température de fonctionnement minimale ($\theta_{\min}$): Plus basse température à laquelle le condensateur peut être mis sous tension.

1.3.16 rated d.c. voltage (U_N): The maximum operating peak voltage of either polarity but of a non-reversing type waveform, for which the capacitor has been designed, for continuous operation.

1.3.17 ripple voltage (u_r): The peak-to-peak alternating component of the unidirectional voltage.

1.3.18 non-recurrent surge voltage (u_s): A peak voltage induced by a switching or any other disturbance of the system which is allowed for a limited number of times and for durations shorter than the basic period.

1.3.19 insulation voltage (U_i): The r.m.s. rated value of the insulation voltage of capacitive elements and terminals to case or earth. If not specified, the r.m.s. value of the insulating voltage is equivalent to the rated voltage divided by $\sqrt{2}$.

1.3.20 maximum peak current ($\hat{i}$): The maximum current amplitude which occurs instantaneously during continuous operation.

1.3.21 maximum current ($I_{\max}$): The maximum r.m.s. current for continuous operation.

1.3.22 maximum surge current (I_s): The admissible peak current induced by a switching or any other disturbance of the system which is allowed for a limited number of times.

1.3.23 pulse frequency (f_p): The repetition rate of periodic current pulses.

1.3.24 current pulse width (τ): The time of current flow during the charging or discharging from one voltage value to another, of the capacitor.

NOTE - The pulse current waveform examples are shown in annex A.

1.3.25 resonance frequency (f_r): The lowest frequency at which the impedance of the capacitor becomes minimum.

1.3.26 duty cycle:

a) **continuous duty:** Operation time such that a capacitor is at thermal equilibrium for most of the time.

b) **Intermittent duty:** Discontinuous working or operation with variable loads which should be described in terms of ON/OFF or HIGH/LOW periods with their durations.

1.3.27 operating temperature: The temperature of the hottest point on the case of the capacitor in thermal equilibrium.

1.3.28 lowest operating temperature ($\theta_{\min}$): The lowest temperature at which the capacitor may be energized.

1.3.29 élévation de température du boîtier ($\Delta\theta_{\text{boîtier}}$): Différence de température entre le point le plus chaud du boîtier et la température de l'air de refroidissement.

1.3.30 température de l'air de refroidissement (θ_{amb}): Température de l'air de refroidissement mesurée au point le plus chaud de la batterie dans un état stable et à mi-chemin entre deux unités. S'il n'y a qu'une seule unité à prendre en considération, c'est la température mesurée à un point situé approximativement à 0,1 m du boîtier du condensateur et aux deux tiers de sa hauteur depuis sa base.

1.3.31 température maximale de fonctionnement (θ_{max}): Température maximale du boîtier à laquelle le condensateur peut fonctionner.

1.3.32 état stable: Equilibre thermique atteint par le condensateur sous une charge constante et à une température d'air de refroidissement constante.

1.3.33 pertes d'un condensateur: Puissance active dissipée par le condensateur.

NOTE - Sauf indication contraire, les pertes du condensateur comprennent également les pertes dans les fusibles et dans les résistances de décharge qui font partie intégrante du condensateur.

Aux hautes fréquences, les pertes du condensateur sont particulièrement dues aux connexions, contacts, et électrodes.

1.3.34 tangente de l'angle de pertes ($\text{tg } \delta$) du condensateur: Rapport entre la résistance série équivalente et la réactance capacitive du condensateur à une tension alternative sinusoïdale et à une fréquence spécifiées.

1.3.35 résistance série équivalente du condensateur: Résistance effective pour laquelle, si elle était connectée en série avec un condensateur parfait de même valeur que le condensateur en question, la puissance active dissipée serait la même que celle du condensateur dans les conditions de fonctionnement spécifiées.

1.3.36 puissance maximale des pertes (P_{max}): Puissance maximale des pertes avec laquelle le condensateur peut être chargé à la température maximale de boîtier.

1.4 Conditions de service

1.4.1 Conditions normales de service

La présente partie de la CEI 1071 s'applique aux condensateurs destinés à être utilisés dans les conditions suivantes:

1.4.1.1 Altitude

Ne doit pas excéder 1 000 m.

NOTE - Il convient que l'effet de l'altitude sur le refroidissement par convection et sur les isolations externes soit pris en considération lorsque l'altitude excède 1 000 m.

1.4.1.2 Température de fonctionnement en convection naturelle

Les condensateurs sont caractérisés:

- par la température la plus basse de fonctionnement à laquelle ils peuvent être mis sous tension, choisie parmi trois valeurs préférentielles: $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$, $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ et $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$;

1.3.29 container temperature rise ($\Delta\theta_{\text{case}}$): The difference between the temperature of the hottest point of the container and the temperature of the cooling air.

1.3.30 cooling-air temperature (θ_{amb}): The 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 at two-thirds of the height from its base.

1.3.31 maximum operating temperature (θ_{max}): The highest temperature of the case at which the capacitor may be operated.

1.3.32 steady-state condition: Thermal equilibrium attained by the capacitor at constant output and at constant cooling-air temperature.

1.3.33 capacitor losses: The active power consumed by a capacitor.

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

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

1.3.34 tangent of the loss angle ($\tan \delta$) of a capacitor: The ratio between the equivalent series resistance and the capacitive reactance of a capacitor at a specified sinusoidal alternating voltage and frequency.

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

1.3.36 maximum power loss (P_{max}): The maximum power loss with which the capacitor may be loaded at the maximum case temperature.

1.4 Service conditions

1.4.1 Normal service conditions

This part of IEC 1071 gives requirements for capacitors intended for use in the following conditions:

1.4.1.1 Altitude

Not exceeding 1 000 m.

NOTE - The effect of altitude on convection cooling and external insulation should be taken into consideration, if the altitude exceeds 1 000 m.

1.4.1.2 Operating temperature with natural air cooling

Capacitors are characterized by

- the lowest operating temperature at which the capacitor may be energized chosen from the three preferred values $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$, $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ and $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$;

- par la limite supérieure de température du boîtier à laquelle ils peuvent fonctionner, choisie parmi les valeurs 55 °C, 70 °C et 85 °C.

1.4.1.3 Température de fonctionnement en convection forcée

Si les condensateurs sont conçus pour un refroidissement forcé par un fluide, les conditions de température de fonctionnement spécifiées en 1.4.1.2 doivent être observées.

Les valeurs de température maximales préférentielles du fluide de refroidissement, données dans le tableau 1 suivant, doivent être appliquées. La température à l'entrée la plus basse pour le refroidissement par eau peut être de 5 °C.

Tableau 1 - Température maximale du fluide de refroidissement pendant un temps illimité (valeurs en degrés Celsius)

Températures à l'entrée	Températures à la sortie
35	40
45	50
55	60

Il y a deux méthodes pour spécifier la limite supérieure de température du fluide de refroidissement. On utilise soit la température à l'entrée, soit la température à la sortie.

Sauf indication contraire, le choix de la température doit être laissé au fabricant de condensateurs.

Pour la méthode à l'entrée, le débit du fluide refroidisseur doit être spécifié.

1.4.1.4 Ces recommandations sont applicables aux condensateurs conçus pour être utilisés dans des appareillages électroniques de puissance et qui sont donc considérés comme des composants de ces appareillages.

Par exemple: convertisseur à semiconducteurs selon la CEI 146 ou la CEI 411.

Ils sont généralement incorporés dans des compartiments, mais l'air forcé de refroidissement peut les exposer aux conditions de l'air extérieur (température basse, haut taux d'humidité, pollution).

1.4.2 Conditions de service inhabituelles

Sauf accord contraire passé entre fabricant et acheteur, la présente partie de la CEI 1071 ne s'applique pas aux condensateurs dont les conditions de service, prises en général, ne sont pas compatibles avec ses prescriptions.

Les conditions inhabituelles de service demandent des mesures additionnelles qui assurent que les conditions décrites dans cette partie sont compatibles avec ces éventuelles conditions inhabituelles de service.

- and its upper limit of case temperature at which the capacitor may be operated, chosen the values 55 °C, 70 °C and 85 °C.

1.4.1.3 *Operating temperature with forced cooling*

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

The following table 1 of preferred maximum temperatures of the cooling fluid shall be applied. The lowest inlet temperature for water cooling may be 5 °C.

Table 1 - Maximum temperature (°C) of the cooling medium for unlimited time

Inlet temperature	Outlet temperature
35	40
45	50
55	60

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

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

For the inlet method the flow of the cooling medium must be specified.

1.4.1.4 This recommendation applies to capacitors intended for use in power electronic equipment and which are hence considered as components of such equipment.

For instance: semiconductor converters according to IEC 146 or IEC 411.

They are generally located in compartments but forced air cooling may expose them to outdoor air conditions (i.e. low temperatures, high humidity and pollution).

1.4.2 *Unusual service conditions*

This part of IEC 1071 does not apply to capacitors whose service conditions are such as to be in general incompatible with its requirements, unless otherwise agreed between manufacturer and purchaser.

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

Si de telles conditions inhabituelles de service existent, elles doivent être notifiées au fabricant de condensateurs.

De telles conditions inhabituelles de service sont:

- chocs et vibrations mécaniques inhabituelles,
- refroidissement par eau avec des particules corrosives ou obturantes (eau de mer, eau très dure),
- particules corrosives et abrasives dans l'air de refroidissement,
- poussières conductrices dans l'air de refroidissement,
- vapeur d'huile ou d'eau, ou substances corrosives,
- gaz ou poussières explosifs,
- rayonnement nucléaire,
- température inhabituelle de stockage ou de transport,
- humidité inhabituelle (région tropicale ou subtropicale),
- variations excessives et rapides de température (plus de 5 °C par heure) ou d'humidité (plus de 5 % par heure),
- aires de fonctionnement à plus de 1 000 m au-dessus du niveau de la mer,
- champs électromagnétiques superposés,
- surtensions excessives, si elles excèdent les limites données à la section 3.

SECTION 2 - PRESCRIPTIONS DE QUALITÉ ET ESSAIS

2.1 Prescriptions relatives aux essais

2.1.1 Généralités

Cette section donne les prescriptions relatives aux essais des condensateurs unitaires.

Les supports isolants, les commutateurs et les transformateurs de mesure et autres composants des batteries de condensateurs ou ensembles de condensateurs doivent suivre les dispositions des normes de la CEI qui les concernent.

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.

Si des corrections sont nécessaires, la température de référence doit être +20 °C sauf accord contraire entre le fabricant et l'acheteur.

NOTE - Cela suppose que la température du diélectrique soit la même que la température ambiante et que le condensateur ait été laissé hors tension à une température ambiante constante pendant une durée suffisante.

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

If such unusual service conditions exist then they must be notified to the manufacturer of the capacitor.

Such unusual service conditions are:

- unusual mechanical shocks and vibrations,
- cooling water with corrosive or obstructing particles (sea water, very hard water),
- corrosive and abrasive particles in the cooling air,
- conducting dust in the cooling air,
- oil or water vapour or corrosive substances,
- explosive gas or dust,
- nuclear radiation,
- unusual storage or transport temperature,
- unusual humidity (tropical or subtropical region),
- excessive and rapid changes of temperature (more than 5 °C per hour) or of humidity (more than 5 % per hour),
- service areas higher than 1 000 m above sea level,
- superimposed electromagnetic fields,
- excessive overvoltages, as far as they exceed the limits given in section 3.

SECTION 2 - QUALITY REQUIREMENTS AND TESTS

2.1 Test requirements

2.1.1 General

This section gives the test requirements for capacitor units.

Supporting insulators, switches, instrument transformers and other components of capacitor banks or capacitor equipment shall comply with the relevant IEC standards.

2.1.2 Test conditions

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

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

NOTE - It may be assumed that the dielectric temperature is the same as the ambient temperature, provided that the capacitor has been left in an unenergized state in a constant ambient temperature for an adequate period.

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

2.2 Classification des essais

Les essais sont classifiés comme suit:

2.2.1 Essais individuels

- a) Contrôle externe (2.14.1)
- b) Essai de tension entre bornes (2.5.1)
- c) Essai de tension entre bornes et le boîtier (2.6.1)
- d) Mesure de la capacité et de la tangente δ (2.3)
- e) Essai du dispositif interne de décharge (2.7)
- f) Essai d'étanchéité (2.8)

Les essais individuels doivent avoir été exécutés par le fabricant sur chaque condensateur avant livraison.

Sur demande de l'acheteur, un rapport d'essai avec les résultats détaillés doit être fourni.

L'ordre dans lequel les essais sont effectués est indiqué ci-dessus.

2.2.2 Essais de type

Sauf spécification contraire, chaque condensateur qui est destiné à subir les essais de type doit avoir supporté tous les essais individuels avec succès.

Les essais de type sont les suivants:

- a) Essais mécaniques (2.14)
- b) Essai de tension entre bornes (2.5.2)
- c) Essai de tension entre les bornes et le boîtier (2.6.2)
- d) Essai de décharge (2.9)
- e) Essai d'autorégénération (à l'étude)
- f) Essais climatiques (2.13)
- g) Mesure de la tangente de l'angle de pertes ($\tan \delta$) du condensateur (2.4)
- h) Essai de stabilité thermique (2.10)
- i) Essais du dispositif interne de décharge (2.7)
- j) Mesure de la fréquence de résonance (2.12)
- k) Essais d'endurance entre bornes (à l'étude)
- l) Essai de coupure sur les coupe-circuit (à l'étude)
- m) Essai de destruction (à l'étude)

Les essais de type sont effectués afin de prouver le bon dimensionnement du condensateur et son aptitude à fonctionner dans les conditions détaillées dans cette partie de la CEI 1071.

Les essais de type doivent être effectués par le fabricant qui doit à la demande de l'acheteur, lui fournir un rapport d'essais avec les résultats détaillés.

2.2 Classification of tests

The tests are classified as:

2.2.1 Routine tests

- a) External inspection (2.14.1)
- b) Voltage test between terminals (2.5.1)
- c) Voltage test between terminals and container (2.6.1)
- d) Capacitance and $\tan \delta$ measurements (2.3)
- e) Test of internal discharge device (2.7)
- f) Sealing test (2.8)

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

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

The sequence of the tests is as indicated.

2.2.2 Type tests

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

Type tests are:

- a) Mechanical tests (2.14)
- b) Voltage test between terminals (2.5.2)
- c) Voltage test between terminals and case (2.6.2)
- d) Surge discharge test (2.9)
- e) Self-healing test (under consideration)
- f) Climatic tests (2.13)
- g) Capacitors tangent of the loss angle ($\tan \delta$) measurement (2.4)
- h) Thermal stability test (2.10)
- i) Test of internal discharge device (2.7)
- j) Resonance frequency measurement (2.12)
- k) Endurance test between terminals (under consideration)
- l) Disconnection test on fuses (under consideration)
- m) Destruction test (under consideration)

Type tests are intended to prove the soundness of the design of the capacitor and its suitability for operation under the conditions detailed in this part of IEC 1071.

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

Ces essais doivent être effectués sur un condensateur dont la conception est identique au condensateur du contrat ou sur un condensateur dont la conception donnerait aux essais la même sévérité ou une sévérité supérieure.

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

2.2.3 Essais d'acceptation

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

Le nombre des pièces qui doivent être soumises à la répétition des essais, les critères d'acceptation, de même que l'autorisation de livraison, doivent faire l'objet d'un accord entre le fabricant et l'acheteur, et mention doit en être faite dans le contrat.

2.3 Mesure de la capacité et de la tangente δ (essai individuel)

2.3.1 Modalités de mesure

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

La méthode utilisée doit permettre d'éviter les erreurs dues à des harmoniques et aux accessoires extérieurs au condensateur à mesurer, tels que les réactances et circuits de blocage dans les circuits de mesure.

La précision de la méthode de mesure doit être donnée et être meilleure que 1% pour la capacité et 10 %, mais pas meilleure que 1×10^{-4} , pour la tangente δ si cette mesure est faite à 50 - 60 Hz.

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

Pour les condensateurs avec coupe-circuit interne, la mesure de la capacité doit être faite également avant les essais de tension.

NOTE - Il convient d'effectuer la mesure de la tangente δ par prélèvement quand le nombre de condensateurs à mesurer est très élevé.

2.3.2 Tolérance sur la capacité

S'il n'y a rien de spécifié, la capacité mesurée ne doit pas s'écarter de la capacité assignée de plus de -10 % à +10 %.

2.3.3 Prescriptions concernant les pertes ($\text{tg } \delta$)

Les prescriptions concernant les pertes du condensateur peuvent faire l'objet d'un accord entre le fabricant et l'acheteur.

NOTE - Le fabricant peut, suivant accord, fournir des courbes ou des tableaux montrant les pertes du condensateur sous conditions stables, aux contraintes assignées et en fonction de la température ambiante dans les limites de la température de catégorie.

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

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

2.2.3 *Acceptance tests*

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

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

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

2.3.1 *Measuring procedure*

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

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

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

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

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

NOTE - The $\tan \delta$ measurement should be carried out by sampling when the number of capacitors to test is particularly large.

2.3.2 *Capacitance tolerances*

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

2.3.3 *Loss requirements ($\tan \delta$)*

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

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

2.4 Mesure de la tangente de l'angle de pertes ($\tan \delta$) du condensateur (essai de type)

2.4.1 Mesures

Les mesures suivantes doivent être faites:

2.4.1.1 Condensateur pour courant alternatif

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

2.4.1.2 Condensateur pour courant continu

La mesure doit être faite à une fréquence comprise entre 50 Hz et 120 Hz et à la tension d'ondulation (u_r) divisée par $2\sqrt{2}$.

NOTE - Les pertes dans les électrodes, les connexions, et les bornes sont fonctions de la fréquence et peuvent être calculées.

2.4.2 Prescriptions concernant les pertes

La valeur de la tangente δ mesurée selon 2.4.1 ne doit pas excéder la valeur déclarée par le constructeur ni la valeur définie en accord entre le fabricant et l'acheteur.

2.5 Essai de tension entre bornes

2.5.1 Essai individuel

Chaque condensateur doit être soumis durant 10 s à l'un des essais du tableau suivant. Le choix est laissé au fabricant.

Durant l'essai, aucune perforation ni aucun contournement ne doit avoir lieu. Les claquages autorégénérables sont autorisés.

Dans le cas d'unité avec tous les éléments en parallèle, le fonctionnement de coupe-circuit(s) interne(s) est autorisé, à condition que la capacité reste dans ses tolérances.

Tableau 2 - Tension d'essai entre bornes

	Condensateur pour courant alternatif		Condensateur pour courant continu	
	Non auto-régénérateur	Auto-régénérateur	Non auto-régénérateur	Auto-régénérateur
Tension d'essai en courant alternatif valeur efficace	$1,5 U_N$	$1,25 U_N$	—	—
Tension d'essai en courant continu	$2,15 U_N$	$1,75 U_N$	$2 U_N$	$1,5 U_N$

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

2.4.1 Measurements

The following measurements shall be made:

2.4.1.1 A.C. capacitors

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

2.4.1.2 D.C. capacitors

The measurement shall be carried out with a frequency in the range of 50 to 120 Hz and at ripple voltage (u_r) divided by $2\sqrt{2}$.

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

2.4.2 Loss requirements

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

2.5 Voltage test between terminals

2.5.1 Routine test

Every capacitor shall be subjected for 10 s to either test of the following table. The choice is left to the manufacturer.

During the test, neither puncture nor flashover shall occur. Self-healing breakdowns are permitted.

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

Table 2 - Test voltage between terminals

	A.C. capacitors		D.C. capacitors	
	Non-self-healing	Self-healing	Non-self-healing	Self-healing
A.C. test voltage r.m.s. value	$1,5 U_N$	$1,25 U_N$	—	—
D.C. test voltage	$2,15 U_N$	$1,75 U_N$	$2 U_N$	$1,5 U_N$

NOTES

- 1 La durée peut être réduite à 2 s, mais la tension doit alors être augmentée de 10 %.
- 2 L'essai en courant alternatif peut être fait à 50 Hz ou 60 Hz.
- 3 Les tensions d'essai indiquées dans le tableau 2 peuvent être réduites si les condensateurs sont destinés à un usage intermittent (voir 1.3.26) ou à un service de courte durée; les nouvelles valeurs doivent faire l'objet d'un accord entre le fabricant et l'acheteur.

2.5.2 Essai de type

Le condensateur doit être soumis pendant 1 min à l'un des essais du tableau 2.

Le choix est laissé au fabricant.

2.6 Essai en tension alternative entre les bornes et le boîtier

2.6.1 Essai individuel

Les unités, dont toutes les bornes sont isolées du boîtier, doivent être soumises pendant 10 s à une tension appliquée entre les bornes (raccordées entre elles) et le boîtier.

Les tensions d'essai sont les suivantes:

$U_{t-cuve} = 2 U_i + 1\,000\text{ V}$ ou $2\,000\text{ V}$, la valeur la plus élevée étant applicable et où U_i est la tension d'isolation.

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

Pendant l'essai, aucune perforation ni contournement ne doit apparaître. L'essai doit être effectué même si, dans l'utilisation, une borne est destinée à être reliée au boîtier.

Les unités n'ayant qu'une seule borne connectée en permanence au boîtier ne doivent pas subir cet essai.

2.6.2 Essai de type

Les unités, dont toutes les bornes sont isolées du boîtier, doivent être soumises à un essai suivant 2.6.1, avec la même valeur de tension, mais avec une durée de 1 min.

2.7 Essai du dispositif interne de décharge

La résistance du dispositif interne de décharge, s'il existe, doit être contrôlée par une mesure de résistance ou bien par la mesure du taux d'autodécharge.

L'essai doit être fait après les essais de tension donnés en 2.5.

NOTES

- 1 The duration may be reduced to 2 s provided the voltage is increased by 10 %.
- 2 The a.c. test voltage may be 50 Hz or 60 Hz.
- 3 The test voltage indicated in table 2 can be reduced if capacitors are intended for intermittent duty (see 1.3.26) or for short service duration; the new values shall be agreed upon between manufacturer and purchaser.

2.5.2 Type test

The capacitor shall be subjected for 1 min to either test of table 2.

The choice is left to the manufacturer.

2.6 A.C. voltage test between terminals and container

2.6.1 Routine test

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

The test voltage values are the following:

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

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

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

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

2.6.2 Type test

Units having all terminals insulated from the container shall be subjected to a test according to 2.6.1 with the same value of the voltage, but with a duration of 1 min.

2.7 Test of internal discharge device

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

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

2.8 Essai d'étanchéité

Le condensateur hors tension doit être échauffé à une température uniforme au moins égale à la température maximale de fonctionnement, augmentée de 5 °C, qui doit être maintenue pendant 2 h. Aucune fuite ne doit apparaître. Il est recommandé d'utiliser un indicateur approprié.

NOTE - Si le condensateur ne contient aucun matériau liquide, le choix de la méthode d'essai (par échantillonnage) est laissé au fabricant.

2.9 Essai de décharge

Le condensateur unitaire doit être chargé à courant continu, puis déchargé à travers un éclateur situé aussi près que possible du condensateur. Il doit être soumis à cinq décharges de ce type en 10 min.

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

Dans les 5 min après cet essai, le condensateur unitaire est soumis à un essai de tension entre bornes (article 2.5).

La capacité doit être mesurée avant l'essai de décharge et après l'essai de tension. Les résultats de ces mesures ne doivent pas faire apparaître de variation pouvant indiquer qu'un élément a été perforé ou déconnecté par un coupe-circuit interne.

Pour les condensateurs autorégénérateurs, la variation de capacité doit être inférieure à ± 1 %. L'accroissement de la tangente δ ne doit pas excéder 20 %.

Dans le cas où cependant un courant maximal de décharge est spécifié, le courant de décharge doit être ajusté par la tension de charge et par l'impédance du circuit de décharge à une valeur de:

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

2.10 Essai de stabilité thermique

2.10.1 Généralités

Cet essai est conduit tant sur les condensateurs pour courant alternatif que sur les condensateurs pour courant continu; il doit donner les informations suivantes sur le condensateur auquel il est appliqué:

- Il permet de vérifier la stabilité thermique du condensateur en conditions de surcharge.
- Il assure un conditionnement du condensateur qui permet de mesurer les pertes de façon reproductible.

2.8 Sealing test

Unenergized capacitor units shall be heated to a uniform temperature of at least their maximum operating temperature plus 5 °C and shall be maintained at this temperature for 2 h. No leakage shall occur. It is recommended that a suitable indicator be used.

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

2.9 Surge 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 1,1 U_N .

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

The capacitance shall be measured before the discharge test and after the voltage test. The measurements shall not differ by an amount corresponding either to breakdown of an element or to blowing of an internal fuse.

For self-healing capacitors the change of capacitance shall be less than ±1 %. The increase of $\tan \delta$ shall not be greater than 20 %.

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

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

2.10 Thermal stability test

2.10.1 General

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

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

2.10.2 Modalités de mesures

Un condensateur unitaire doit être placé dans une enceinte où la température du fluide de refroidissement doit être:

- a) Pour le refroidissement naturel, la température indiquée par le fabricant (θ_{amb}) + 5 °C.
- b) Pour un refroidissement forcé, la température spécifiée de sortie du fluide de refroidissement + 5 °C.

Dès que toutes les parties du condensateur ont atteint la température du fluide de refroidissement, le condensateur doit être soumis pendant une durée d'au moins 48 h à une tension alternative de forme pratiquement sinusoïdale.

La valeur de la tension et celle de la fréquence doivent être maintenues constantes pendant tout l'essai.

La valeur du courant doit être de $1,1 I_{max}$.

Les conditions de charge sont celles qui sont indiquées à l'annexe B avec une puissance égale à $1,21 P_{max}$.

Au cours des six dernières heures de l'essai, on mesure au moins quatre fois la température de la partie supérieure du boîtier. Pendant cette période de 6 h, l'accroissement de l'échauffement du boîtier ne doit pas dépasser 1 °C.

Si une variation plus grande est observée, l'essai peut être poursuivi jusqu'à ce que les prescriptions ci-dessus soient respectées pendant quatre mesures successives, sur une période de 6 h.

Avant et après l'exécution de l'essai, la capacité doit être mesurée dans la gamme des températures selon 2.1.2 et les résultats de ces deux mesures doivent être affectés d'un facteur de correction afin d'être ramenés à une même température du diélectrique.

La différence entre ces deux mesures ne doit pas faire apparaître de variation pouvant indiquer qu'un élément a été perforé ou déconnecté par un coupe-circuit interne. A la fin de cet essai, la mesure de la tangente δ est effectuée (paragraphe 2.4.1).

NOTES

1 Lorsque l'on s'assure que les conditions de température ou de pertes du condensateur sont remplies, on doit tenir compte des fluctuations de la tension, de la fréquence et de la température du fluide de refroidissement au cours de l'essai. A ces fins, il est conseillé de tracer la courbe de variation, en fonction du temps, de ces paramètres et de la température du boîtier.

2 L'essai peut être réalisé, par accord entre le fabricant et l'acheteur, avec une tension non sinusoïdale pourvu que les valeurs de courant et de pertes de puissance restent: $1,1 I_{max}$ et $1,2 P_{max}$.

2.11 Essai d'autorégénération

(à l'étude)

2.10.2 Measuring procedure

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

- a) for natural cooling, that indicated by the manufacturer (θ_{amb}) +5 °C,
- b) for forced cooling, the specified outlet cooling temperature +5 °C.

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

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

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

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

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

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

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

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

NOTES

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

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

2.11 Self-healing test

(under consideration)

2.12 Mesure de la fréquence de résonance

La fréquence de résonance doit être mesurée dans la gamme des températures selon le 2.1.2 en utilisant une méthode qui évite les erreurs dues aux connexions et aux accessoires.

La méthode de mesure peut être choisie parmi les deux exemples donnés en annexe C.

La valeur de la fréquence de résonance ne doit pas être inférieure à la valeur convenue entre le fabricant et l'acheteur.

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

2.13 Essais climatiques

L'essai de chaleur humide et l'essai de variation rapide de température sont effectués selon la pratique courante décrite dans la CEI 68.

2.14 Essais mécaniques

a) Vibrations, selon la CEI 68-2-6

- 1) Pour les condensateurs dont la masse n'excède pas 3 kg:

$$f = 10 \text{ Hz à } 55 \text{ Hz}$$

$$a = \pm 0,35 \text{ mm}$$

La durée de l'essai par axe = 10 fois le cycle de fréquence (les trois axes sont à 90° les uns des autres), 1 octave par minute.

- 2) Pour les condensateurs dont la masse excède 3 kg, le choix des conditions d'essais est laissé au fabricant.

b) Chocs, le choix des conditions d'essais est laissé au fabricant.

2.14.1 Contrôle externe

Les condensateurs sont visuellement examinés et contrôlés quant à leur finition et leur marquage.

2.15 Essai d'endurance

A l'étude.

2.12 Resonance frequency measurement

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

The measuring method may be chosen, as convenient, from the two examples given in annex C.

The value of the resonance frequency shall not be less than the value agreed upon between manufacturer and purchaser.

This measurement is not necessary for all applications.

2.13 Climatic tests

The damp heat test and test with rapid change of temperature are carried out as per current practice described in IEC 68.

2.14 Mechanical tests

a) Vibration, in accordance with IEC 68-2-6

1) For capacitors of weight not exceeding 3 kg:

$$f = 10 \text{ to } 55 \text{ Hz}$$

$$a = \pm 0,35 \text{ mm}$$

Test duration per axis = 10 frequency cycles (3 axes offset from each other by 90°), 1 octave per minute.

2) For capacitors whose weight exceeds 3 kg: the choice of the test condition is left to the manufacturer.

b) Impacts: the choice of the test condition is left to the manufacturer.

2.14.1 External inspection

Capacitors are visually examined and checked for finish and marking.

2.15 Endurance test

Under consideration.

SECTION 3 - SURCHARGES

3.1 Tension maximale admissible

Les condensateurs unitaires doivent être aptes en service à supporter les niveaux de tensions conformes au tableau 3 suivant (voir aussi 6.4 et 6.5).

Tableau 3

Surtension	Durée maximale par jour	Observation
1,1 U_N	30 % du temps de fonctionnement	Régulation du système
1,15 U_N	30 min	Régulation du système
1,2 U_N	5 min	Régulation du système
1,3 U_N	1 min	Commutation du système
1,5 U_N	100 ms	Commutation du système

L'amplitude des surtensions qui peuvent être admissibles sans entraîner de réduction significative de la durée de vie du condensateur dépend de la durée de ces surtensions, du nombre d'applications et de la température du condensateur.

Les valeurs données dans le tableau 3 pour les tensions supérieures à 1,1 U_N ne réduisent pas de façon significative la vie du condensateur.

Ces valeurs supposent donc que les surtensions peuvent apparaître quand la température interne du condensateur est inférieure à 0 °C, mais dans les limites de la température de catégorie.

SECTION 4 - RÈGLES DE SÉCURITÉ

4.1 Dispositif de décharge

L'usage de résistances de décharge n'est pas approprié dans certains condensateurs pour l'électronique de puissance. Lorsque l'acheteur l'exige, chaque condensateur unitaire ou chaque batterie doit avoir un dispositif permettant la décharge de chaque condensateur en 3 min à 75 V ou moins à partir d'une tension continue initiale égale à U_N . Pour les condensateurs ayant $U_N \geq 1\,000$ V, le temps de décharge doit être de 10 min.

Il ne doit y avoir aucun interrupteur, coupe-circuit à fusible, ni autre dispositif de commutation entre le condensateur et ce dispositif de décharge.

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

NOTES

1 Un condensateur directement relié à un autre appareil électrique, permettant l'établissement d'une ligne de décharge, est considéré comme convenablement déchargé à condition que les caractéristiques du circuit permettent d'assurer la décharge du condensateur dans le temps spécifié ci-dessus.

2 Les circuits de décharge doivent être dimensionnés de façon à supporter le courant de décharge du condensateur à partir de la valeur de crête de la surtension maximale selon l'article 3.1.

SECTION 3 - OVERLOADS

3.1 Maximum permissible voltage

Capacitor units shall be suitable for operation at voltage levels according to table 3 (see also 6.4 and 6.5).

Table 3

Overvoltage	Maximum duration within one day	Observation
1,1 U_N	30 % of on-load duration	System regulation
1,15 U_N	30 min	System regulation
1,2 U_N	5 min	System regulation
1,3 U_N	1 min	System switching
1,5 U_N	100 ms	System switching

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

The values given in table 3 for voltages higher than 1,1 U_N are based on no significant reduction in life.

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

SECTION 4 - SAFETY REQUIREMENTS

4.1 Discharge device

The use of discharge resistors is not suitable for certain power electronic capacitors. When required by the purchaser, each capacitor unit or bank shall be provided with means for discharging each unit in 3 min to 75 V or less, from an initial direct voltage U_N . For capacitors having $U_N \geq 1\,000$ V the discharging time shall be 10 min.

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

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

NOTES

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

2 Discharge circuits must have adequate current-carrying capacity to discharge the capacitor from the peak of the maximum overvoltage according to clause 3.1.

4.2 Connexions de masse

Pour pouvoir fixer le potentiel de l'enveloppe métallique du condensateur et évacuer le courant de défaut en cas de claquage du condensateur au boîtier, ce dernier doit être muni d'une connexion capable d'écouler le courant de défaut, ou d'une partie métallique non corrodable et non peinte, appropriée à un système de raccordement.

4.3 Protection de l'environnement

Lorsque les condensateurs sont imprégnés de produits qui ne peuvent pas être dispersés dans l'environnement, des précautions doivent être prises à cet effet. Certains pays ont une législation à ce sujet.

L'acheteur doit spécifier toute requête spéciale pour l'étiquetage qui est en vigueur dans le pays de l'installation (voir 5.1.2).

4.4 Autres règles de sécurité

L'utilisateur doit spécifier, lors de l'appel d'offres, toutes prescriptions spéciales résultant des règles de sécurité en vigueur dans le pays où le condensateur doit être installé.

SECTION 5 - MARQUAGES

5.1 Marquage des unités

5.1.1 Plaque signalétique

Les informations suivantes doivent être données sur la plaque signalétique de chaque condensateur unitaire:

- Fabricant
- 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 = ... μF
- Tol = ... %
- U_N = ... V c.a. ou c.c.
- U_i = ... V c.a. (si spécifié, voir 1.3.19)
- P_{max} = ... W (facultatif)
- f_2 = ... Hz (facultatif)
- I_{max} = ... A (facultatif)
- I_s = ... A (si besoin est)
- θ_{min} = ... °C
- θ_{max} = ... °C

4.2 Container connections

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

4.3 Protection of the environment

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

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

4.4 Other safety requirements

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

SECTION 5 - MARKINGS

5.1 Marking of the units

5.1.1 Rating plate

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

- Manufacturer
- Identification number and manufacturing year

The year of manufacture may be a part of identification number or be in code form

- C = ... μF
- Tol = ... %
- U_N = ... V a.c. or d.c.
- U_i = ... V a.c. (if specified, see 1.3.19)
- P_{max} = ... W (optional)
- f_2 = ... Hz (optional)
- I_{max} = ... A (optional)
- I_s = ... A (if any)
- θ_{min} = ... °C
- θ_{max} = ... °C

- Type de fluide de refroidissement et température (seulement pour le refroidissement forcé) (voir 4)
- Publication 1071-1 de la CEI

Les signes suivants peuvent être ajoutés, si besoin est:

-  pour les dispositifs de décharge interne
-  pour les coupe-circuit ou disconnecteurs internes
- SH pour les condensateurs auto-régénérateurs en alternative

avec 

NOTE - Pour les petites unités où il est pratiquement impossible d'indiquer toutes les rubriques, ci-dessus, sur la plaque signalétique, certaines données peuvent être écrites sur une notice.

5.1.2 Plaque d'avertissement

Si le condensateur contient des produits qui peuvent polluer l'environnement ou être dangereux de quelque autre manière, l'unité doit être équipée d'une étiquette selon les lois en vigueur dans le pays de l'utilisateur; celui-ci doit informer le fabricant de telles lois.

5.1.3 Notice des caractéristiques

La notice des caractéristiques doit donner les valeurs de tangente δ en fonction de la fréquence, f_1 , f_2 et $P_{\max}$ pour l'évaluation des pertes dans le condensateur.

SECTION 6 - DIRECTIVES POUR L'INSTALLATION ET L'UTILISATION

6.1 Généralités

Les surcharges et les échauffements anormaux abrègent la vie des condensateurs. En conséquence, les conditions de fonctionnement (c'est-à-dire température, tension, courant et refroidissement) doivent être sévèrement contrôlées.

En raison des différents types de condensateurs et des nombreux facteurs qui entrent en jeu, il n'est pas possible de couvrir par des règles simples tous les cas d'installation et d'utilisation.

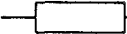
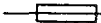
Les indications données ci-après portent sur les points les plus importants qu'il y a lieu de considérer. En outre, les instructions du fabricant et des organismes distributeurs d'électricité doivent être suivies.

Il y a sept applications principales (voir tableau 4).

- 1) Protection contre les surtensions internes: «condensateurs de snubber» chargés avec des portions de tensions sinusoïdales; les deux polarités peuvent alterner, une composante continue peut apparaître.

- Type of cooling medium and temperature (only for forced cooling) (see 1.4)
- IEC Publication 1071-1

The following signs shall be added if applicable:

-  for internal discharge device
-  for internal fuse or disconnecter
- SH for self-healing capacitors in alternative 

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

5.1.2 Warning plate

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

5.1.3 Data sheet

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

SECTION 6 - GUIDE TO INSTALLATION AND OPERATION

6.1 General

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

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

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

There are seven major applications (see table 4):

- 1) Internal overvoltage protection: snubber capacitors, loaded with parts of sinusoidal voltages; both voltages may alternate with a certain amount of superimposed direct voltage.

- 2) Filtres harmoniques en courant continu: ces condensateurs sont généralement chargés par une tension continue à laquelle est superposée une tension alternative non sinusoïdale.
- 3) Circuit de commutation: les condensateurs de commutation sont généralement chargés avec des tensions trapézoïdales.
- 4) Protection contre les surtensions externes en courant alternatif.
- 5) Protection contre les surtensions externes en courant continu.
- 6) Filtres harmoniques internes en courant alternatif.
- 7) Stockage d'énergie en courant continu: condensateurs de décharge généralement alimentés par une tension continue et périodiquement chargés et déchargés avec un courant crête élevé.

6.2 Choix de la tension assignée

La tension assignée du condensateur doit être égale à la tension crête récurrente, non seulement à cause de la contrainte intrinsèque, mais à cause des hautes valeurs en dV/dt des équipements de l'électronique de puissance qui peuvent induire des décharges partielles et des pertes qui affectent la vie du condensateur.

La plupart des applications de l'électronique de puissance ont des charges variables. Par conséquent, il est nécessaire que le fabricant et l'utilisateur discutent en détail la tension assignée et toutes les contraintes en tension réelle.

Il convient que les condensateurs ne fonctionnent simultanément à la tension maximale admissible et à la température de fonctionnement maximale qu'en cas de circonstances critiques et alors seulement pendant une courte durée (voir tableau 3).

NOTES

- 1 On doit éviter, en choisissant la tension assignée U_N , de prévoir une trop grande marge de sécurité car il en résulterait une diminution de la puissance par rapport à la puissance assignée.
- 2 Le fabricant peut donner un graphique des tensions applicables en fonction de la fréquence et de la température ambiante (θ_{amb}).

6.3 Température de fonctionnement

Il y a lieu de contrôler la température de fonctionnement du condensateur, car elle a une grande influence sur la vie de celui-ci.

Une température au-dessus de θ_{max} , accélère la dégradation électrochimique du diélectrique.

Une température au-dessous de θ_{min} , ou des changements très rapides de chaud à froid peuvent entraîner des décharges partielles dues à la dégradation du diélectrique.

6.3.1 Conditions d'installation

Les condensateurs doivent être disposés de manière à permettre une bonne évacuation par convection et par rayonnement de la chaleur produite par les pertes.

- 2) D.C. harmonic filter: capacitors, generally loaded with a direct voltage superimposed upon a non-sinusoidal alternating voltage.
- 3) Switching circuit: commutating capacitors, generally loaded with trapezoidal voltages.
- 4) External a.c. overvoltage protection.
- 5) External d.c. overvoltage protection.
- 6) Internal a.c. harmonic filter.
- 7) D.C. energy storage: supporting capacitors. Generally supplied with direct voltage and periodically charged and discharged with high peak current.

6.2 Choice of the rated voltage

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

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

Only in case of emergency should capacitors be operated at maximum permissible voltage and maximum operating temperature simultaneously, and then only for short periods of time (see table 3).

NOTES

- 1 An excessive safety margin in the choice of the rated voltage U_N should be avoided, because this would result in a decrease of output when compared with the intended output.
- 2 The manufacturer may give the diagram of applicable voltage as a function of frequency and ambient temperature (θ_{amb}).

6.3 Operating temperature

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

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

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

6.3.1 Installation

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

La ventilation du local où se trouve l'installation et la disposition des condensateurs unitaires doivent assurer une bonne circulation d'air autour de chaque unité. Cela est important pour les unités disposées en rangées superposées.

La température des condensateurs soumis au rayonnement solaire ou au rayonnement d'une surface quelconque à température élevée se trouve augmentée.

Après l'installation, il est nécessaire de vérifier que la température du boîtier est plus basse que la température $\theta_{\max}$ dans les conditions maximales de service (tension, courant, et température de refroidissement).

Suivant la température de l'air de refroidissement, l'intensité du refroidissement, l'efficacité et la durée du rayonnement, il peut s'avérer nécessaire de choisir l'une des précautions suivantes:

- protéger les condensateurs du rayonnement,
- choisir un condensateur conçu pour une température de l'air ambiant plus élevée,
- utiliser des condensateurs prévus pour une tension assignée supérieure à la valeur choisie selon l'article 6.2.

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

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

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

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

- protect the capacitors from radiation,
- choose a capacitor designed for a higher service air temperature,
- employ capacitors with rated voltage higher than that laid down in clause 6.2.

Tableau 4

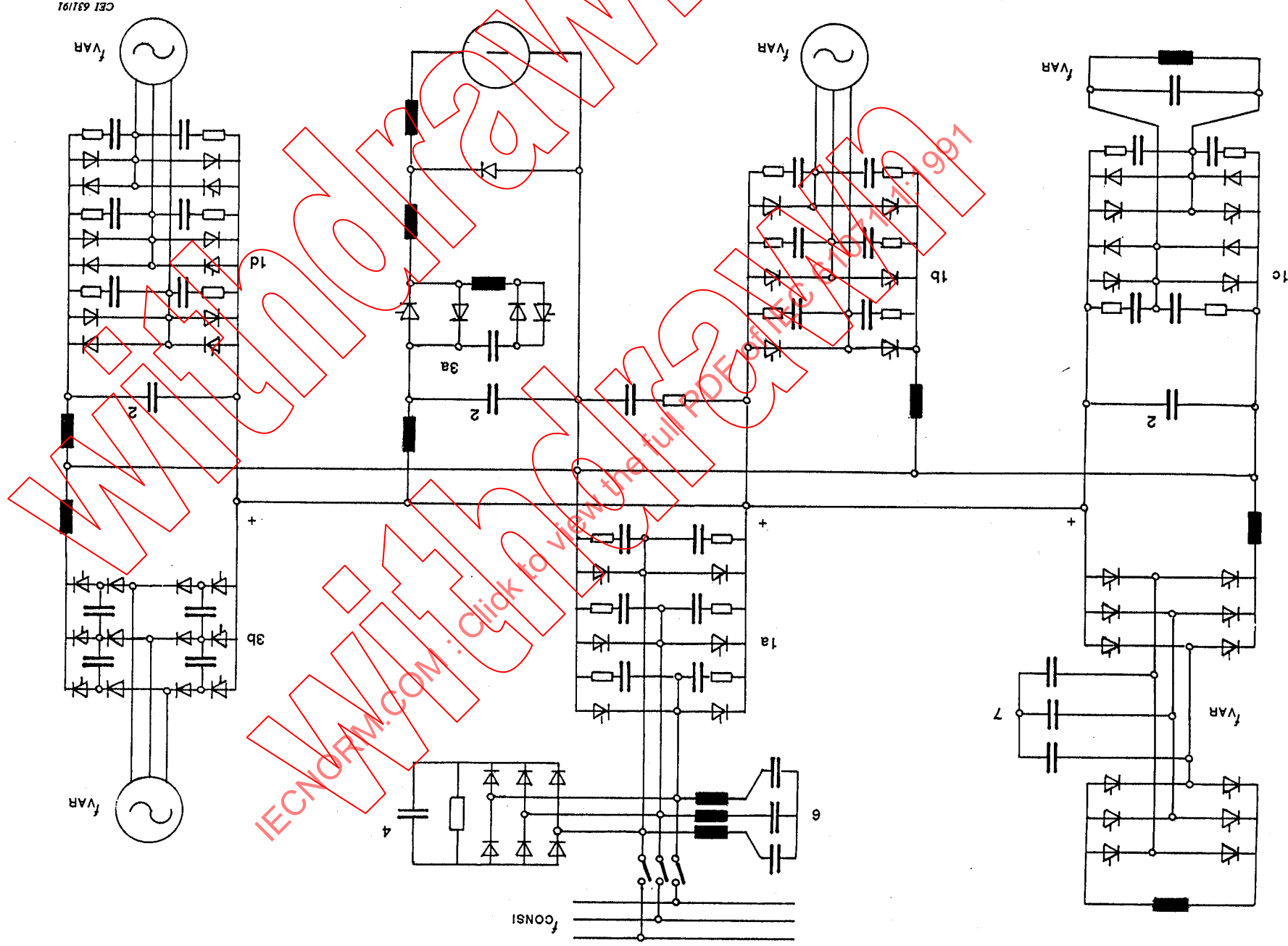
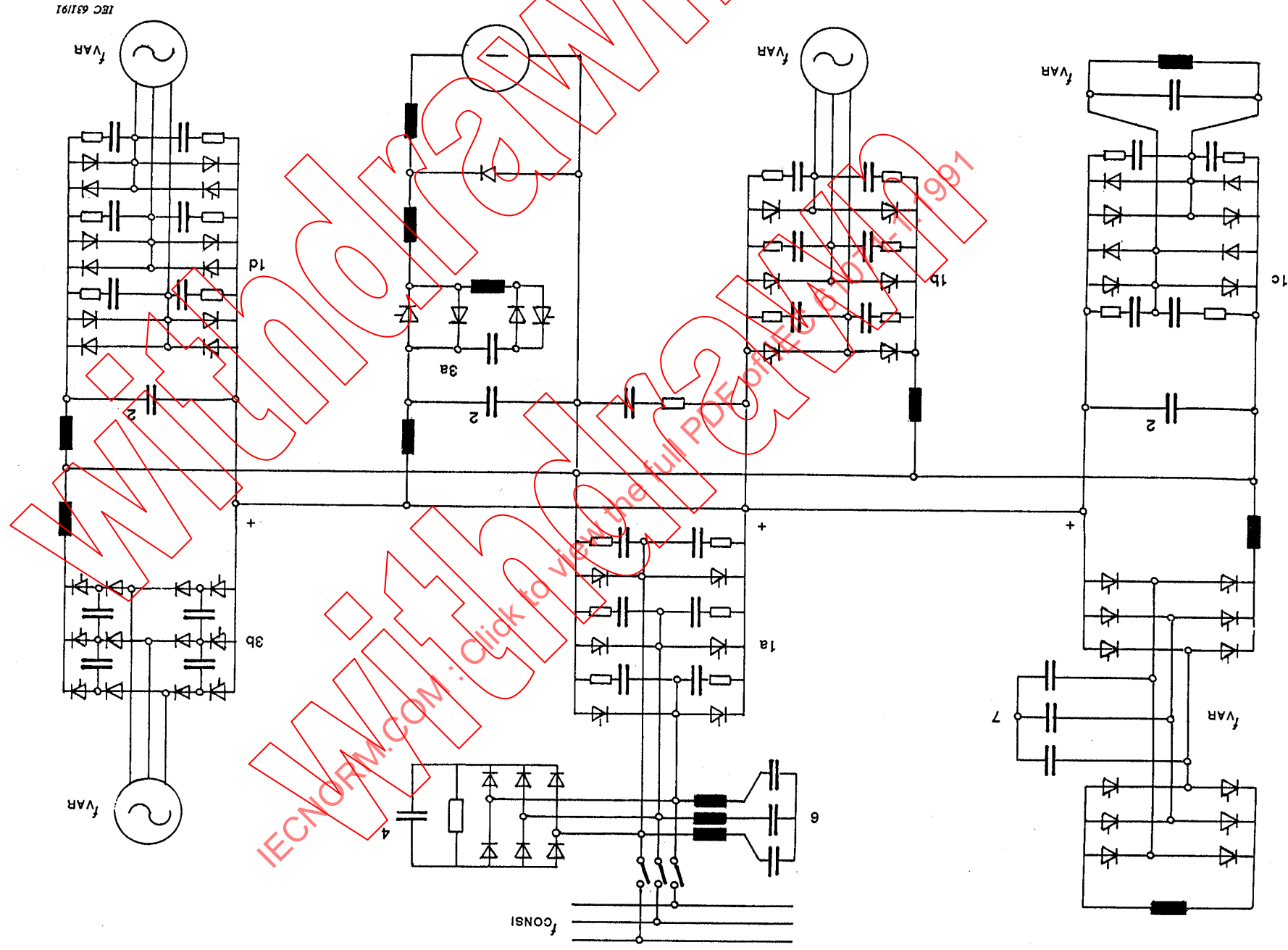


Table 4



Pour les condensateurs installés à une altitude élevée (supérieure à 1 000 m), la dissipation de chaleur est réduite et il convient d'en tenir compte pour la détermination de la puissance des unités (voir 1.4.2).

6.3.2 Conditions inhabituelles de refroidissement

Dans certains cas exceptionnels, la température d'entrée (voir tableau 1) peut être supérieure à 55 °C max et on doit utiliser des condensateurs spécialement conçus pour cette utilisation ou à tension assignée plus élevée.

6.4 Conditions spéciales de service

En plus de la température ambiante élevée, d'autres conditions d'utilisation défavorables sont liées à l'environnement des régions tropicales. Lorsque l'acheteur est au courant de telles conditions, le fabricant doit être informé quand les condensateurs sont commandés.

Cette information doit être également donnée aux fournisseurs de tous les équipements associés pour l'installation des condensateurs.

Les conditions les plus importantes sont les suivantes:

a) Fréquente apparition de périodes à forte humidité relative

Il peut être nécessaire d'utiliser des isolateurs spéciaux; l'attention est attirée sur la possibilité de shuntage des coupe-circuit externes par suite d'une condensation d'humidité à leur surface.

b) Moisissures à extension rapide

Les moisissures ne se développent pas sur les métaux, les matières céramiques et certains types de peinture et de laque. Lorsque des produits fongicides sont utilisés, leur efficacité ne dépasse pas quelques mois. Dans tous les cas, les moisissures peuvent se développer dans une installation, dans les endroits où la poussière, etc. peut se déposer.

c) Des atmosphères corrosives existent dans les zones industrielles et côtières

Il y a lieu de remarquer que l'influence de ces atmosphères peut être plus sévère dans les climats à température élevée que dans les climats tempérés.

Une atmosphère très corrosive peut environner même les installations intérieures.

d) Attaque par les insectes

Lorsque les condensateurs sont installés dans un emplacement très pollué, des précautions spéciales doivent être prises.

e) Altitude dépassant 1 000 m

Les condensateurs utilisés à des altitudes dépassant 1 000 m font l'objet de conditions spéciales. Le choix du type doit être effectué d'un commun accord par l'acheteur et le fabricant (voir 1.4.2).

6.5 Surtensions

L'article 3.1 spécifie les facteurs de surtension.

Les facteurs de surtension indiqués peuvent être augmentés, après accord avec le fabricant, si le nombre de surtensions estimé est plus faible ou si les conditions de température sont moins sévères.

Capacitors installed at high altitudes (more than 1 000 m) will be subject to decreased heat dissipation, which should be considered when determining the power of the units (see 1.4.2).

6.3.2 *Unusual cooling conditions*

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

6.4 Special service conditions

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

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

The most important conditions are the following:

a) Frequent occurrence of periods of high relative humidity

It may be necessary to use insulators of special design. Attention is drawn to the possibility of external fuses being shunted by a deposit of moisture on their surfaces.

b) Rapid mould growth

Metals, ceramic materials and some paints and lacquers do not support mould growth. When fungicidal materials are used, they do not retain their poisoning property for more than several months; in any case, mould may develop in an installation on places where dust etc. can settle.

c) Corrosive atmospheres are found in industrial and coastal areas

It should be noted that in climates of higher temperature the effects of such atmospheres may be more severe than in temperate climates. Highly corrosive atmospheres may be present even in indoor application.

d) Attack by insects

When capacitors are mounted in a location with a high degree of pollution, special precautions shall be taken.

e) Altitude exceeding 1 000 m

Capacitors used at altitudes exceeding 1 000 m are subject to special conditions. The choice of the type shall be made by agreement between purchaser and manufacturer (see 1.4.2).

6.5 Overvoltages

Clause 3.1 specifies overvoltage factors.

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

Les condensateurs qui peuvent être soumis à de fortes surtensions d'origine atmosphérique doivent être protégés de façon appropriée. S'il est fait usage de parafoudres, ceux-ci doivent être disposés aussi près que possible des condensateurs.

Les surtensions transitoires pendant les conditions anormales de service peuvent entraîner le choix d'un condensateur de tension assignée supérieure.

Dans les applications pour chemin de fer, les surtensions sont souvent supérieures à celles qui sont autorisées dans le tableau 3.

6.6 Surcharges

Les condensateurs ne doivent jamais fonctionner à des courants supérieurs aux valeurs maximum spécifiées en 1.3.20, 1.3.21, 1.3.22.

Des surcharges transitoires de hautes amplitudes et hautes fréquences peuvent apparaître lorsque les condensateurs sont commutés dans un circuit ou que l'équipement est commuté. Il est quelquefois nécessaire de réduire ces surcharges transitoires à des valeurs acceptables en fonction du condensateur et de l'équipement.

Si les condensateurs comportent des coupe-circuit internes ou externes, la valeur crête de la surcharge due aux commutations doit être limitée à la valeur de 1.3.22.

6.7 Appareils de commande et de protection

Les appareils de commande et de protection, et les raccordements, doivent pouvoir supporter les contraintes thermiques et électrodynamiques, engendrées par les surintensités transitoires de courant de grande amplitude et de fréquence élevée qui peuvent se produire au moment de la mise sous tension ou par un autre phénomène.

Quand l'étude des contraintes thermiques et électrodynamiques risque d'entraîner des exigences de dimensionnement excessives, il convient de prendre des précautions spéciales pour la protection contre les surintensités.

NOTE - En particulier, il y a lieu que les coupe-circuit choisis aient une capacité thermique appropriée.

6.8 Raccordement

Les raccordements du condensateur peuvent dissiper de la chaleur issue de celui-ci; à l'opposé, ils peuvent induire de la chaleur à l'intérieur. C'est pourquoi il est nécessaire de maintenir les connexions à une température inférieure à celle du condensateur lui-même.

Tout mauvais contact dans le circuit du condensateur peut provoquer des arcs entraînant des oscillations à haute fréquence qui peuvent entraîner des surchauffes et des surcharges dans le condensateur.

Une inspection régulière de tous les contacts de l'équipement du condensateur et des connexions du condensateur est donc recommandée.

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

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

In railway applications the overvoltages are often higher than those permitted in table 3.

6.6 Overload currents

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

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

If the capacitors are provided with fuses (internal or external), the peak value of the overcurrents due to switching operations shall be limited to the value of 1.3.22.

6.7 Switching and protective devices

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

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

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

6.8 Connections

The current leads into the capacitor are capable of dissipating heat from the capacitor. In the opposite direction they could possibly transfer heat generated in outer connections into the capacitor. Therefore it is necessary to keep the connections leading to the capacitors always cooler than the capacitor itself.

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

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

6.9 Choix de la ligne de fuite

Les traversées isolées, les isolateurs à la masse, les isolateurs inter-châssis, etc, doivent être en accord avec la CEI 664A.

Une attention spéciale doit assurer que toutes les informations nécessaires sur les conditions climatiques, et spécialement sur les variations rapides d'humidité, ont été discutées entre le fabricant et l'utilisateur.

6.10 Connexions en parallèle de condensateurs

Une attention spéciale est nécessaire lors de la conception de circuits comprenant des condensateurs connectés en parallèle, car il y a deux dangers possibles:

- 1) La répartition des courants dépend de faibles différences de résistance et d'inductance dans les passages de courant. Par conséquent, un condensateur peut être facilement surchargé.
- 2) A cause des hautes fréquences rencontrées souvent dans l'électronique de puissance, les interconnexions doivent être généralement conçues pour de faibles inductances et de faibles résistances.

Par conséquent, lorsqu'un condensateur entre en défaut par court-circuit, toute l'énergie de la batterie se dissipe rapidement au point de claquage.

Habituellement, il est impossible de déconnecter les unités par un coupe-circuit de limitation de courant.

Des précautions spéciales doivent être mises en place dans ce cas.

6.11 Condensateurs connectés en série

A cause des variations dans les résistances de circulation des unités, il convient que la division correcte des tensions entre les différentes unités soit assurée par des diviseurs de tension résistifs.

L'utilisation de courant alternatif ou de courant continu intermittent avec de longues périodes à zéro ne nécessite pas de diviseurs de tensions particuliers car les dispositifs de décharge interne déchargent toute charge résiduelle.

La tension d'isolement des unités doit être donnée en fonction des mises en série.

6.12 Pertes magnétiques et courants de Foucault

Les forts champs magnétiques dans les conducteurs de l'électronique de puissance peuvent induire une magnétisation alternative des cuves magnétiques et des courants de Foucault dans toutes parties métalliques, et, par conséquent, produire de la chaleur.

Donc, il est nécessaire de situer les condensateurs à une distance suffisante de tous les conducteurs à fort courant et d'éviter autant que possible l'utilisation de matériaux magnétiques.

6.9 Choice of creepage distance

Bushing, insulators to earth, inter-rack insulators, etc. should comply with IEC 664A.

Special care has to be taken to ensure that all necessary information on climatic conditions and especially rapid changes in humidity have been discussed between manufacturer and user.

6.10 Parallel connections of capacitors

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

- 1) The current splitting depends on slight differences of resistances and inductances in the current paths, so that one of the capacitors may be easily overloaded.
- 2) Because of the high frequencies often encountered in power electronics, interconnections should usually be designed for low inductances and resistances.

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

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

Special precautions have to be made in this case.

6.11 Series connections of capacitors

Because of variations in the circulation resistances of units, the correct voltage division between units should be ensured by resistive voltage dividers.

A.C. voltages and intermittent d.c. application having long OFF-periods need no special dividers as the internal discharge devices will discharge any residual charge.

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

6.12 Magnetic losses and eddy currents

The strong magnetic fields of conductors in power electronics may induce alternating magnetization of magnetic cases and eddy currents in any metal part and thereby produce heat.

Therefore it is necessary firstly to situate capacitors at a safe distance from heavy current conductors and secondly to avoid the use as far as possible of magnetic materials.

Annexe A (normative)

Formes d'onde

Pour les condensateurs de l'électronique de puissance, les définitions sont expliquées sur un exemple de tension trapézoïdale.

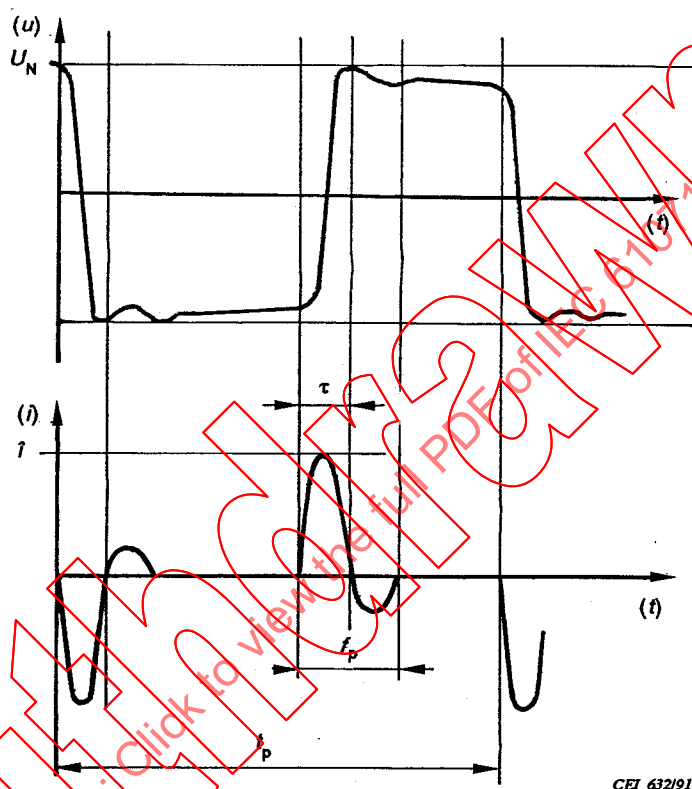
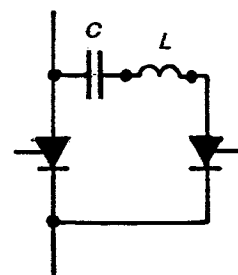


Figure A.1a - Forme d'onde en commutation

$$f_p = \frac{1}{t_p} \quad \tau = \pi \sqrt{L \cdot C}$$

- τ Largeur de l'impulsion de courant du condensateur
- t_p Période des impulsions
- f_p Fréquence des impulsions
- U_N Tension crête récurrente
- I Courant crête



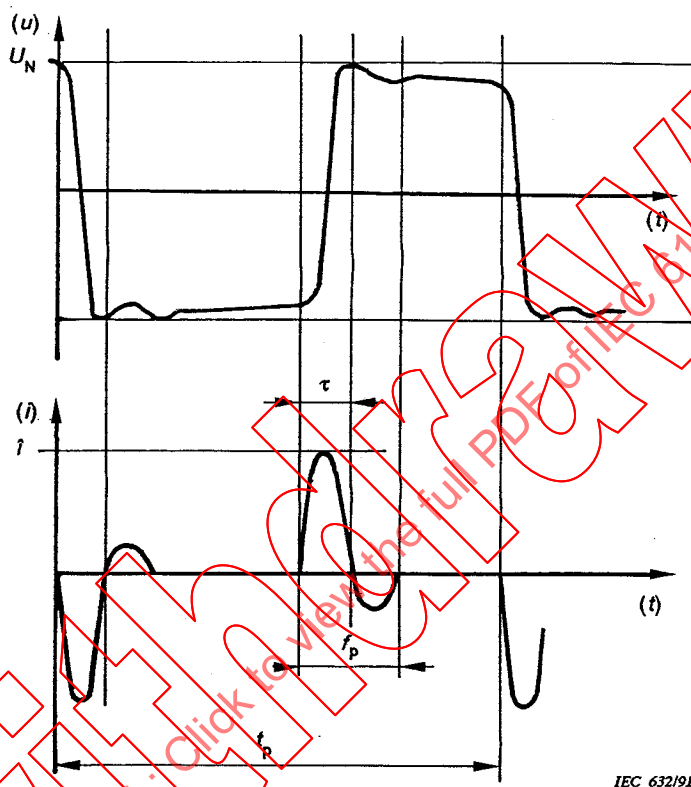
CEI 633/91

Figure A.1b – Circuit de commutation
Exemple

Annex A (normative)

Waveforms

For power electronic capacitors the definitions are explained on an example of a trapezoidal voltage.

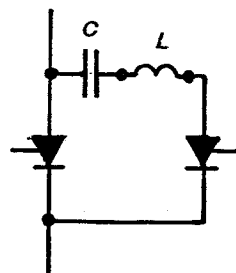


IEC 632/91

Figure A.1a - Commutating waveform

$$f_p = \frac{1}{t_p} \quad \tau = \pi \sqrt{L \cdot C}$$

- τ Capacitor current pulse width
- t_p System pulse duration
- f_p System pulse frequency
- U_N Peak recurrent voltage
- I Peak current



IEC 633/91

Figure A.1b - Commutating circuit
Example