

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60143-1

Quatrième édition
Fourth edition
2004-01

**Condensateurs série destinés
à être installés sur des réseaux –**

**Partie 1:
Généralités**

Series capacitors for power systems –

**Part 1:
General**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 60143-1:2004

Numérotation des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000. Ainsi, la CEI 34-1 devient la CEI 60034-1.

Editions consolidées

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

Informations supplémentaires sur les publications de la CEI

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 cette publication, y compris sa validité, sont disponibles dans le Catalogue des publications de la CEI (voir ci-dessous) en plus des nouvelles éditions, amendements et corrigenda. Des informations sur les sujets à l'étude et l'avancement des travaux entrepris par le comité d'études qui a élaboré cette publication, ainsi que la liste des publications parues, sont également disponibles par l'intermédiaire de:

- Site web de la CEI (www.iec.ch)
- Catalogue des publications de la CEI

Le catalogue en ligne sur le site web de la CEI (www.iec.ch/searchpub) vous permet de faire des recherches en utilisant de nombreux critères, comprenant des recherches textuelles, par comité d'études ou date de publication. Des informations en ligne sont également disponibles sur les nouvelles publications, les publications remplacées ou retirées, ainsi que sur les corrigenda.

- IEC Just Published

Ce résumé des dernières publications parues (www.iec.ch/online_news/justpub) est aussi disponible par courrier électronique. Veuillez prendre contact avec le Service client (voir ci-dessous) pour plus d'informations.

- Service clients

Si vous avez des questions au sujet de cette publication ou avez besoin de renseignements supplémentaires, prenez contact avec le Service clients:

Email: custserv@iec.ch
Tél: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

Publication numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series. For example, IEC 34-1 is now referred to as IEC 60034-1.

Consolidated editions

The IEC is now publishing consolidated versions of its publications. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

Further information on IEC publications

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 this publication, including its validity, is available in the IEC Catalogue of publications (see below) in addition to new editions, amendments and corrigenda. Information on the subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is also available from the following:

- IEC Web Site (www.iec.ch)
- Catalogue of IEC publications

The on-line catalogue on the IEC web site (www.iec.ch/searchpub) enables you to search by a variety of criteria including text searches, technical committees and date of publication. On-line information is also available on recently issued publications, withdrawn and replaced publications, as well as corrigenda.

- IEC Just Published

This summary of recently issued publications (www.iec.ch/online_news/justpub) is also available by email. Please contact the Customer Service Centre (see below) for further information.

- Customer Service Centre

If you have any questions regarding this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre:

Email: custserv@iec.ch
Tel: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60143-1

Quatrième édition
Fourth edition
2004-01

**Condensateurs série destinés
à être installés sur des réseaux –**

**Partie 1:
Généralités**

Series capacitors for power systems –

**Part 1:
General**

© IEC 2004 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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

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

International Electrotechnical Commission, 3, rue de Varembé, PO Box 131, CH-1211 Geneva 20, Switzerland
Telephone: +41 22 919 02 11 Telefax: +41 22 919 03 00 E-mail: inmail@iec.ch Web: www.iec.ch



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE **XA**

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

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	4
1 Domaine d'application et objet.....	10
2 Références normatives.....	12
3 Termes et définitions.....	12
4 Conditions de service.....	24
4.1 Conditions normales de service.....	24
4.2 Catégories de température de l'air ambiant.....	24
4.3 Conditions de service inhabituelles.....	26
4.4 Conditions de fonctionnement anormales du réseau.....	26
5 Exigences de qualité et essais.....	26
5.1 Exigences relatives aux essais des condensateurs unitaires.....	26
5.2 Classification des essais.....	32
5.3 Mesure de la capacité (essai individuel).....	34
5.4 Mesure des pertes du condensateur (essai individuel).....	36
5.5 Essai de tenue en tension entre bornes (essai individuel).....	36
5.6 Essai diélectrique en tension alternative entre bornes et cuve (essai individuel).....	38
5.7 Essai du dispositif interne de décharge (essai individuel).....	38
5.8 Essai d'étanchéité (essai individuel).....	38
5.9 Essai de stabilité thermique (essai de type).....	38
5.10 Essai diélectrique en tension alternative entre bornes et cuve (essai de type).....	42
5.11 Essai de tension de choc de foudre entre bornes et cuve (essai de type).....	42
5.12 Essai de tenue au froid (essai de type).....	44
5.13 Essai de courant de décharge (essai de type).....	46
5.14 Essai d'endurance (essai spécial).....	48
6 Niveaux d'isolement.....	48
6.1 Tensions d'isolement.....	48
6.2 Ligne de fuite.....	60
6.3 Distances dans l'air.....	62
7 Surcharges, sursensions et cycles de fonctionnement.....	72
7.1 Courants.....	72
7.2 Sursensions transitoires.....	72
7.3 Cycles de fonctionnement.....	72
8 Règles de sécurité.....	72
8.1 Dispositifs de décharge.....	72
8.2 Connexions de masse.....	74
8.3 Protection de l'environnement.....	74
8.4 Autres règles de sécurité.....	74
9 Marquage et manuels d'instructions.....	74
9.1 Marquage des condensateurs unitaires.....	74
9.2 Marquage des batteries de condensateurs.....	76
9.3 Manuel d'instructions.....	78

CONTENTS

FOREWORD.....	4
1 Scope and object.....	11
2 Normative references.....	13
3 Terms and definitions	13
4 Service conditions.....	25
4.1 Normal service conditions	25
4.2 Ambient air temperature categories	25
4.3 Abnormal service conditions	27
4.4 Abnormal power system conditions	27
5 Quality requirements and tests.....	27
5.1 Test requirements for capacitor units	27
5.2 Classification of tests.....	33
5.3 Capacitance measurement (routine test).....	35
5.4 Capacitor loss measurement (routine test).....	37
5.5 Voltage test between terminals (routine test).....	37
5.6 AC voltage test between terminals and container (routine test).....	39
5.7 Test on internal discharge device (routine test).....	39
5.8 Sealing test (routine test).....	39
5.9 Thermal stability test (type test).....	39
5.10 AC voltage test between terminals and container (type test).....	43
5.11 Lightning impulse voltage test between terminals and container (type test).....	43
5.12 Cold duty test (type test).....	45
5.13 Discharge current test (type test).....	47
5.14 Endurance test (special test).....	49
6 Insulation level.....	49
6.1 Insulation voltages.....	49
6.2 Creepage distance.....	61
6.3 Air clearances	63
7 Overloads, overvoltages and duty cycles	73
7.1 Currents.....	73
7.2 Transient overvoltages.....	73
7.3 Duty cycles.....	73
8 Safety requirements.....	73
8.1 Discharge device	73
8.2 Container connection.....	75
8.3 Protection of the environment	75
8.4 Other safety requirements.....	75
9 Markings and instruction books	75
9.1 Markings of the unit	75
9.2 Markings of the bank	77
9.3 Instruction book	79

10 Lignes directrices pour la sélection des caractéristiques assignées et pour l'installation et l'exploitation	78
10.1 Généralités.....	78
10.2 Réactance par ligne, réactance assignée par batterie et nombre de modules par batterie.....	80
10.3 Caractéristiques de courant pour la batterie	84
10.4 Recommandations pour la protection des surtensions	88
10.5 Limitations de tension durant les défauts du réseau	88
10.6 Dispositifs de protection et de commutation.....	92
10.7 Choix du niveau d'isolement.....	92
10.8 Autres considérations sur le matériel.....	92
Annexe A (normative) Exigences d'essais et lignes directrices d'application pour coupe-circuit externes et unités à protéger par coupe-circuit externes.....	100
Annexe B (informative) Evaluation économique des pertes d'une batterie de condensateurs série	106
Annexe C (informative) Coupe-circuit de batterie de condensateurs et configuration de condensateurs unitaires.....	108
Annexe D (informative) Exemples de schémas de connexion typique pour de grandes installations de condensateurs série pour lignes de transmission.....	114
Annexe E (informative) Précautions à prendre pour éviter la pollution de l'environnement par les polychlorobiphényles.....	116
Bibliographie.....	118
Figure 1 – Nomenclature typique d'une installation de condensateurs série	18
Figure 2 – Classification des dispositifs de protection	30
Figure 3 – Limites de temps et d'amplitude d'une période de surtension	46
Figure 4 – Distance dans l'air en fonction de la tenue en courant alternatif	70
Figure 5 – Représentation du courant typique d'une batterie de condensateurs série insérée sur un réseau après le défaut et l'élimination d'une ligne en parallèle	84
Figure C.1 – Connexions typiques entre condensateurs unitaires dans un segment ou une phase.....	112
Figure C.2 – Connexions typiques entre éléments au sein d'un condensateur unitaire	112
Tableau 1 – Symboles littéraux de la limite supérieure de la plage de températures	24
Tableau 2 – Température de l'air ambiant pour l'essai de stabilité thermique	40
Tableau 3 – Niveaux d'isolement normalisés pour la gamme I ($1 \text{ kV} < U_m \leq 245 \text{ kV}$)	56
Tableau 4 – Niveaux d'isolement normalisés pour la gamme II ($U_m > 245 \text{ kV}$)	58
Tableau 5 – Niveaux d'isolement typiques pour les isolateurs entre plate-forme et terre	60
Tableau 6 – Lignes de fuite spécifiques	62
Tableau 7 – Corrélation entre les tensions de tenue au choc de foudre normalisées et les distances dans l'air minimales.....	66
Tableau 8 – Corrélation entre les tensions de tenue au choc de manœuvre normalisées et les distances minimales dans l'air entre phase et terre	68
Tableau 9 – Corrélation entre les tensions de tenue au choc de foudre normalisées et les distances minimales dans l'air d'isolement entre phases	68
Tableau 10 – Caractéristiques typiques du courant de surcharge et d'oscillation d'une batterie	86

10 Guide for selection of ratings, installation and operation	79
10.1 General	79
10.2 Reactance per line, rated reactance per bank and number of modules per bank	81
10.3 Current ratings for the bank	85
10.4 Overvoltage protection requirements	89
10.5 Voltage limitations during power system faults	89
10.6 Protective and switching devices	93
10.7 Choice of insulation level	93
10.8 Other application considerations	93
Annex A (normative) Test requirements and application guide for external fuses and units to be externally fused	101
Annex B (informative) Economic evaluation of series capacitor bank losses	107
Annex C (informative) Capacitor bank fusing and unit arrangement	109
Annex D (informative) Examples of typical connection diagrams for large series capacitor installations for transmission lines	115
Annex E (informative) Precautions to be taken to avoid pollution of the environment by polychlorinated biphenyls	117
Bibliography	119
Figure 1 – Typical nomenclature of a series capacitor installation	19
Figure 2 – Classification of overvoltage protection	31
Figure 3 – Time and amplitude limits for an overvoltage period	47
Figure 4 – Air clearance versus a.c. withstand	71
Figure 5 – Typical current-time profile of an inserted capacitor bank following the fault and clearing of parallel line typical bank overload and swing current capabilities	85
Figure C.1 – Typical connections between capacitor units in a segment or phase	113
Figure C.2 – Typical connections between elements within a capacitor unit	113
Table 1 – Letter symbols for upper limit of temperature range	25
Table 2 – Ambient air temperature in thermal stability test	41
Table 3 – Standard insulation levels for range I ($1 \text{ kV} < U_m \leq 245 \text{ kV}$)	57
Table 4 – Standard insulation levels for range II ($U_m > 245 \text{ kV}$)	59
Table 5 – Typical insulation levels for platform-to-ground insulators	61
Table 6 – Specific creepage distances	63
Table 7 – Correlation between standard lightning impulse withstand voltages and minimum air clearances	67
Table 8 – Correlation between standard switching impulse withstand voltages and minimum phase-to-earth air clearances	69
Table 9 – Correlation between standard switching impulse withstand voltages and minimum phase-to-phase air clearances	69
Table 10 – Typical bank overload and swing current capabilities	87

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

CONDENSATEURS SÉRIE DESTINÉS À ÊTRE INSTALLÉS SUR DES RÉSEAUX –

Partie 1: Généralités

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de la CEI"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de la CEI intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; la CEI ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) La CEI n'a prévu aucune procédure de marquage valant indication d'approbation et n'engage pas sa responsabilité pour les équipements déclarés conformes à une de ses Publications.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à la CEI, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de la CEI, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de la CEI peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 60143-1 a été établie par le comité d'études 33 de la CEI: Condensateurs de puissance.

Cette quatrième édition annule et remplace la troisième édition parue en 1992 et constitue une révision technique.

Les modifications principales par rapport à la précédente édition concernent en particulier l'ancienne section 3 « Niveaux d'isolement » qui a été profondément modifiée et le nouveau paragraphe 6.3 « Distances dans l'air » qui a été ajouté. De plus, plusieurs modifications techniques ont été introduites dans tout le texte concernant les essais et l'exploitation.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

SERIES CAPACITORS FOR POWER SYSTEMS –

Part 1: General

FOREWORD

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as "IEC Publication(s)"). Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with an IEC Publication.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 60143-1 has been prepared by IEC technical committee 33: Power capacitors.

This fourth edition cancels and replaces the third edition, published in 1992, and constitutes a technical revision.

The main changes with respect to the previous edition regard in particular the old section 3: "Insulation level" that has been deeply modified and the new subclause 6.3 "Air clearances" has been added. In addition, many technical changes have been introduced throughout the text regarding tests and operation.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
33/400/FDIS	33/401/RVD

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

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 2.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant 2011. A cette date, la publication sera

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

Withdrawn

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

FDIS	Report on voting
33/400/FDIS	33/401/RVD

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

This publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 2.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until 2011. At this date, the publication will be

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

Withdrawn

CONDENSATEURS SÉRIE DESTINÉS À ÊTRE INSTALLÉS SUR DES RÉSEAUX –

Partie 1: Généralités

1 Domaine d'application et objet

La présente partie de la CEI 60143 s'applique aux condensateurs unitaires et aux batteries de condensateurs destinés à être raccordés en série sur une ligne de transport ou de distribution d'énergie faisant partie d'un réseau alternatif de fréquence comprise entre 15 Hz et 60 Hz.

L'objectif principal de cette norme est de traiter des applications sur les réseaux de transport.

Les condensateurs série et les batteries de condensateurs série sont habituellement destinés aux réseaux d'énergie à haute tension. Cette norme s'applique à toute la gamme de tensions.

Cette norme ne s'applique pas aux condensateurs avec diélectrique métallisé du type autorégénérateur.

Même s'ils sont connectés en série avec un circuit, les condensateurs suivants sont exclus de la présente norme:

- condensateurs pour installations de production de chaleur par induction (CEI 60110-1);
- condensateurs pour moteurs et similaires (CEI 60252-1);
- condensateurs destinés à être utilisés dans les circuits électroniques de puissance (CEI 61071);
- condensateurs pour lampes à décharge (CEI 61048 et CEI 61049).

Les accessoires standards tels que les isolateurs, commutateurs, transformateurs de mesure, coupe-circuit externes, etc., seront conformes aux exigences de la norme CEI correspondante.

NOTE 1 Les exigences complémentaires applicables aux condensateurs protégés par des coupe-circuit internes ainsi que les exigences applicables à ces coupe-circuit figurent dans la CEI 60143-3.

NOTE 2 Les autres règles complémentaires applicables aux condensateurs protégés par des coupe-circuit externes ainsi que les exigences applicables à ces coupe-circuit, sont données à l'Annexe A.

NOTE 3 Une norme séparée pour les accessoires des condensateurs série (éclateurs, résistances non linéaires, inductances de décharge, inductances d'amortissement et de limitation de courant, résistances d'amortissement, disjoncteurs, etc.), CEI 60143-2, a été publiée en 1994. Une norme séparée pour les fusibles internes pour condensateurs série, CEI 60143-3 (anciennement CEI 60595) a été révisée et publiée en 1998.

La présente norme a pour objet:

- de formuler des règles uniformes en ce qui concerne la qualité, les essais et les caractéristiques assignées;
- de formuler des règles spécifiques de sécurité;
- de servir de guide pour l'installation et pour l'exploitation.

SERIES CAPACITORS FOR POWER SYSTEMS –

Part 1: General

1 Scope and object

This part of IEC 60143 applies both to capacitor units and capacitor banks intended to be used connected in series with an a.c. transmission or distribution line or circuit forming part of an a.c. power system having a frequency of 15 Hz to 60 Hz.

The primary focus of this standard is on transmission application.

The series capacitor units and banks are usually intended for high-voltage power systems. This standard is applicable to the complete voltage range.

This standard does not apply to capacitors of the self-healing metallized dielectric type.

The following capacitors, even if connected in series with a circuit, are excluded from this standard:

- capacitors for inductive heat-generating plants (IEC 60110-1);
- capacitors for motor applications and the like (IEC 60252-1);
- capacitors to be used in power electronics circuits (IEC 61071);
- capacitors for discharge lamps (IEC 61048 and IEC 61049).

Standard types of accessories such as insulators, switches, instrument transformers, external fuses, etc. should comply with the pertinent IEC standard.

NOTE 1 Additional requirements for capacitors to be protected by internal fuses, as well as the requirements for internal fuses, are found in IEC 60143-3.

NOTE 2 Additional requirements for capacitors to be protected by external fuses, as well as the requirements for external fuses, are found in Annex A.

NOTE 3 A separate standard for series capacitor accessories (spark-gaps, non-linear resistors, discharge reactors, current-limiting damping reactors, damping resistors, circuit-breakers, etc.), IEC 60143-2, was completed in 1994. A separate standard for internal fuses for series capacitors, IEC 60143-3 (formerly IEC 60595), has been revised and was completed in 1998.

The object of this standard is:

- to formulate uniform rules regarding performance, testing and rating;
- to formulate specific safety rules;
- to serve as a guide for installation and operation.

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

NOTE S'il y a un conflit entre cette norme et une norme listée ci-dessous, l'essai de la CEI 60143-1 prévaudra.

CEI 60060-1:1989, *Techniques des essais à haute tension – Première partie: Définitions et prescriptions générales relatives aux essais*

CEI 60071-1:1993, *Coordination de l'isolement – Partie 1: Définitions, principes et règles*

CEI 60071-2:1996, *Coordination de l'isolement – Partie 2: Guide d'application*

CEI 60143-2:1994, *Condensateurs série destinés à être installés sur des réseaux – Partie 2: Matériel de protection pour les batteries de condensateurs série*

CEI 60143-3:1998, *Condensateurs série destinés à être installés sur des réseaux – Partie 3: Fusibles internes*

CEI 60549:1976, *Coupe-circuit à fusibles haute tension destinés à la protection externe des condensateurs de puissance en dérivation*

CEI 60815:1986, *Guide pour le choix des isolateurs sous pollution*

CEI 60871-2:1999, *Condensateurs shunt pour réseaux à courant alternatif de tension assignée supérieure à 1 000 V – Partie 2: Essais d'endurance*

IEEE Std. 693:1997, *IEEE Recommended Practice for Seismic Design of Substations*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent.

NOTE Certains termes proviennent de la CEI 60050(436) ou de la CEI 60050(604) et dans ce cas, la référence de la définition concernée est indiquée entre crochets, après la définition.

3.1

température de l'air ambiant (pour les condensateurs)

température de l'air à l'emplacement prévu pour l'installation des condensateurs

3.2

sectionneur série commutateur de shuntage

appareil tel qu'un interrupteur ou un disjoncteur utilisé en parallèle avec un condensateur série et son dispositif de protection contre les surtensions pour shunter le courant de ligne pour un temps spécifié ou continuellement

NOTE Il convient que ce dispositif ait également la possibilité de s'insérer et de shunter le condensateur intégré dans un circuit supportant un niveau spécifique de courant.

3.3

condensateur

terme utilisé dans cette norme lorsqu'il n'est pas nécessaire de préciser s'il s'agit d'un condensateur unitaire ou de l'assemblage de condensateurs associés à un segment

2 Normative references

The following referenced documents are indispensable for the application of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

NOTE If there is a conflict between this standard and a standard listed below, the test of IEC 60143-1 prevails.

IEC 60060-1:1989, *High-voltage test techniques – Part 1: General definitions and test requirements*

IEC 60071-1:1993, *Insulation co-ordination – Part 1: Definitions, principles and rules*

IEC 60071-2:1996, *Insulation co-ordination – Part 2: Application guide*

IEC 60143-2:1994, *Series capacitors for power systems – Part 2: Protective equipment for series capacitor banks*

IEC 60143-3:1998, *Series capacitors for power systems – Part 3: Internal fuses*

IEC 60549:1976, *High-voltage fuses for the external protection of shunt power capacitors*

IEC 60815:1986, *Guide for the selection of insulators in respect of polluted conditions*

IEC 60871-2:1999, *Shunt capacitors for a.c. power systems having a rated voltage above 1 000 V – Part 2: Endurance testing*

IEEE Std. 693:1997, *IEEE Recommended Practice for Seismic Design of Substations*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the following terms and definitions apply.

NOTE Certain terms come from IEC 60050(436) or IEC 60050(604) and where this is the case, the concept from that publication is referenced in square brackets after the definition.

3.1

ambient air temperature (for capacitors)

temperature of air at the proposed location of the capacitor installation

3.2

bypass switch

device such as a switch or circuit-breaker used in parallel with a series capacitor and its overvoltage protector to shunt line current for some specified time or continuously

NOTE This device should also have the capability of inserting and bypassing the capacitor into a circuit carrying a specified level of current.

3.3

capacitor

word used when it is not necessary to distinguish between the different meanings of the words capacitor unit and the assembly of capacitors associated with a segment

3.4

condensateur unitaire

unité (de condensateur)

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

[CEI 60050, 436-01-04]

3.5

élément (de condensateurs)

dispositif constitué essentiellement par deux électrodes séparées par un diélectrique

[CEI 60050, 436-01-03]

3.6

pertes d'un condensateur

puissance active dissipée par le condensateur

[CEI 60050, 436-04-10]

NOTE Il convient que toutes les pertes produites par les composants soient incluses. Pour un condensateur unitaire, cela inclut les pertes dues au diélectrique, au dispositif de décharge, aux coupe-circuit internes (le cas échéant) et aux connexions internes. Pour la batterie de condensateurs, cela inclut les pertes dues aux condensateurs unitaires, aux coupe-circuit externes (le cas échéant), aux jeux de barres. Voir Annexe B pour des explications complémentaires.

3.7

température de l'air de refroidissement

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

3.8

degré de compensation

k

le degré de compensation série, k (d'une section de ligne), est:

$$k = 100 (X_C / X_L) \%$$

où

X_C est la réactance capacitive des condensateurs série;

X_L est la réactance inductive directe totale de la section de ligne de transmission sur laquelle les condensateurs série sont raccordés.

3.9

dispositif de décharge (d'un condensateur)

dispositif connecté entre les bornes d'un condensateur ou incorporé au condensateur unitaire et capable de ramener à zéro la tension résiduelle lorsque le condensateur a été déconnecté du réseau

[CEI 60050, 436-03-15 modifiée]

NOTE Des exigences supplémentaires concernant le dimensionnement du dispositif de décharge sont données en 8.1.

3.10

coupe-circuit externe (d'un condensateur)

coupe-circuit relié en série avec un condensateur unitaire ou avec un groupe d'unités en parallèle

3.4**capacitor unit**

unit

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

[IEC 60050, 436-01-04]

3.5**(capacitor) element**

device consisting essentially of two electrodes separated by a dielectric

[IEC 60050, 436-01-03]

3.6**capacitor losses**

active power dissipated in the capacitor

[IEC 60050, 436-04-10]

NOTE All loss-producing components should be included. For a unit, this includes losses from the dielectric, discharge device, internal fuses (if applicable) and internal connections. For the bank, this includes losses from the units, external fuses (if applicable) and busbars. See Annex B for additional discussion.

3.7**cooling air temperature**

temperature of cooling air measured at the hottest position in the capacitor assembly of a segment, under rated current and 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

3.8**degree of compensation** k degree of series compensation, k (of a line section) is

$$k = 100 (X_C / X_L) \%$$

where

 X_C is the capacitive reactance of the series capacitor; X_L is the total positive sequence inductive reactance of the transmission line section on which the series capacitor is applied.**3.9****discharge device (of a capacitor)**

device connected across the terminals of the capacitor or built into the capacitor unit, capable of reducing the residual voltage across the capacitor effectively to zero after the capacitor has been disconnected from the supply

[IEC 60050, 436-03-15, modified]

NOTE Further requirements on the size of the discharge device are found in 8.1

3.10**external fuse (of a capacitor)**

fuse connected in series with a capacitor unit or with a group of parallel units

3.11

batterie de condensateurs sans fusible

batterie de condensateurs sans aucun fusible de protection, interne ou externe, qui est composée de chaînes parallèles de condensateurs unitaires. Chaque chaîne étant composée de condensateurs unitaires connectés en série

NOTE Voir Annexe C pour une explication des «chaînes».

3.12

tension la plus élevée d'un réseau triphasé

tension efficace la plus élevée entre phases qui existe à tout moment et en tout point du réseau dans les conditions d'exploitation normales

NOTE Cette valeur ne tient pas compte des transitoires de tension (par exemple ceux qui sont provoqués par la commutation du réseau) et ne tient pas compte non plus des variations temporaires de la tension dues à des conditions anormales du réseau (comme des défauts ou le déclenchement brusque de charges importantes).

3.13

tension la plus élevée pour le matériel

U_m

tension efficace la plus élevée entre phases pour laquelle le matériel est conçu en ce qui concerne son isolement et d'autres caractéristiques qui sont dépendantes de cette tension dans les normes applicables au matériel

[CEI 60050, 604-03-01]

NOTE Cette tension est la valeur maximale de la tension la plus élevée du réseau dans lequel le matériel peut être utilisé.

3.14

niveau d'isolement

U_i

combinaison non simultanée de tensions d'essai (à fréquence industrielle (U_{ipf}) ou en onde de choc de manœuvre et onde de choc de foudre) qui caractérise l'aptitude de l'isolement du condensateur à supporter les contraintes diélectriques entre les bornes et la terre, entre les phases ainsi qu'entre les bornes et les parties métalliques (par exemple, plate-forme) non reliées à la terre

3.15

coupe-circuit interne d'un condensateur

coupe-circuit monté à l'intérieur d'une unité de condensateur et relié en série avec un élément ou avec un groupe d'éléments

[CEI 60050, 436-03-16]

3.16

tension limite

U_{lim}

valeur maximale de crête de la tension à fréquence industrielle divisée par $\sqrt{2}$, apparaissant aux bornes du condensateur unitaire immédiatement avant ou pendant le fonctionnement du dispositif de protection contre les surtensions (voir 5.1.4)

3.17

bornes de lignes

bornes destinées à être reliées au réseau

[CEI 60050, 436-03-01 modifiée]

3.11**fuseless capacitor bank**

capacitor bank without any fuses, internal or external, constructed of parallel strings of capacitor units. Each string consists of capacitor units connected in series

NOTE See Annex C for an explanation of “string”.

3.12**highest voltage of a three-phase system**

highest r.m.s. phase-to-phase voltage which occurs under normal operating conditions at any time and at any point of the system

NOTE It excludes voltage transients (such as those due to system switching) and temporary voltage variations due to abnormal system conditions (such as due to faults or sudden disconnection of large loads).

3.13**highest voltage for equipment**

U_m

highest r.m.s. value of phase-to-phase voltage for which the equipment is designed in respect of its insulation as well as other characteristics which relate to this voltage in the relevant equipment standards

[IEC 60050, 604-03-01]

NOTE This voltage is the maximum value of the highest voltage of the system for which the equipment may be used.

3.14**insulation level**

U_i

non-simultaneous combination of test voltages (power frequency (U_{ipf}) or switching impulse, and lightning impulse) which characterizes the insulation of the capacitor with regard to its capability of withstanding the electric stresses between terminals and earth, between phases and between terminals and metalwork (e.g. platform) not at earth potential

3.15**internal fuse of a capacitor**

fuse connected inside a capacitor unit, in series with an element or group of elements

[IEC 60050, 436-03-16]

3.16**limiting voltage**

U_{lim}

maximum peak of the power frequency voltage occurring between capacitor unit terminals immediately before or during operation of the overvoltage protector, divided by $\sqrt{2}$ (see 5.1.4)

3.17**line terminal**

terminal to be connected to the power system

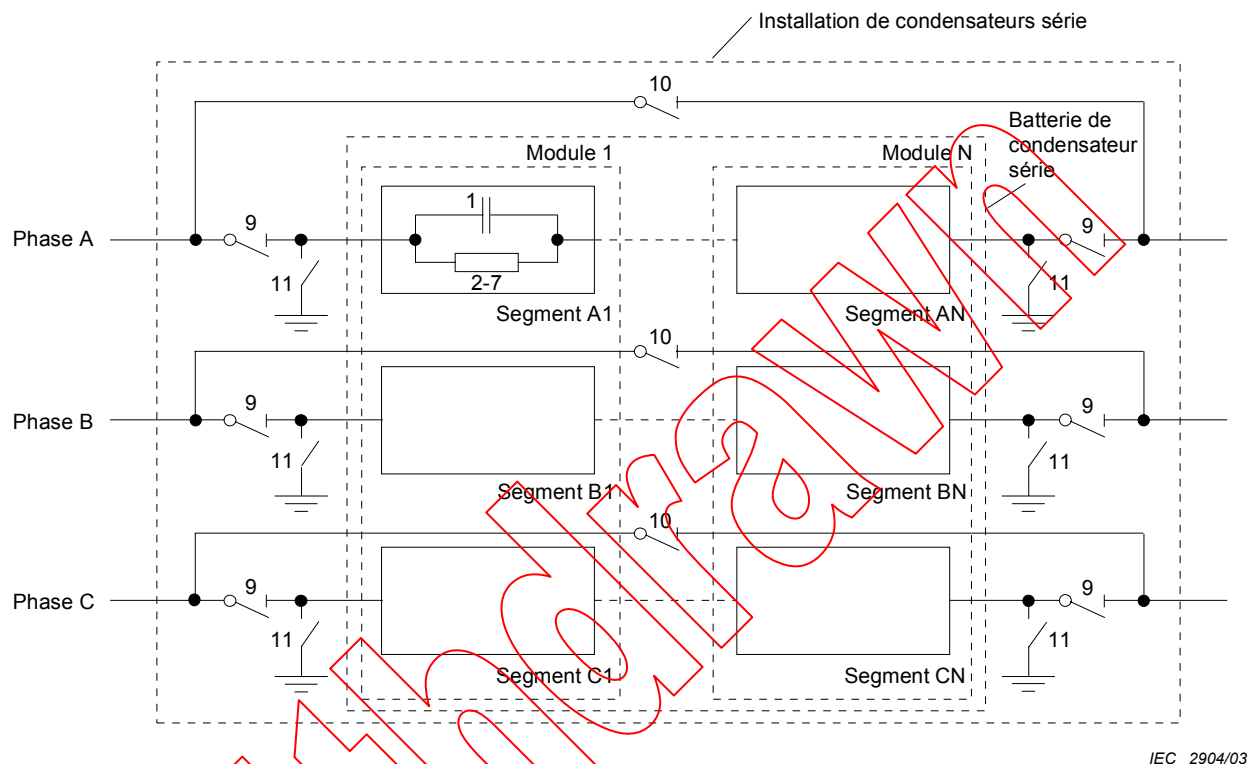
[IEC 60050, 436-03-01, modified]

3.18

module (de condensateurs série)

groupe commutable de condensateurs série composé de segments identiques sur chaque phase, et qui de plus est équipé de dispositif de shuntage sur chaque segment pour un fonctionnement commun (voir Figure 1)

NOTE Le commutateur de shuntage d'un module fonctionne normalement en triphasé. Cependant, dans certaines applications de protection, le sectionneur série peut être utilisé pour opérer temporairement en monophasé.



Légende

- 1 ensemble de condensateurs unitaires
- 2-7 équipement principal de protection (Figure 2/M2 et Annexe D)
- 9 sectionneur d'isolement
- 10 sectionneur de shuntage
- 11 sectionneur de terre

Figure 1 – Nomenclature typique d'une installation de condensateurs série

3.19

dispositif de protection contre les surtensions (de condensateurs série)

dispositif à action rapide limitant la tension aux bornes du condensateur à une valeur admissible; sans ce dispositif, la valeur de cette tension pourrait prendre des valeurs élevées, par suite d'un défaut ou de conditions anormales sur le réseau

[CEI 60050, 436-03-14, modifiée]

3.20

tension de tenue à fréquence industrielle

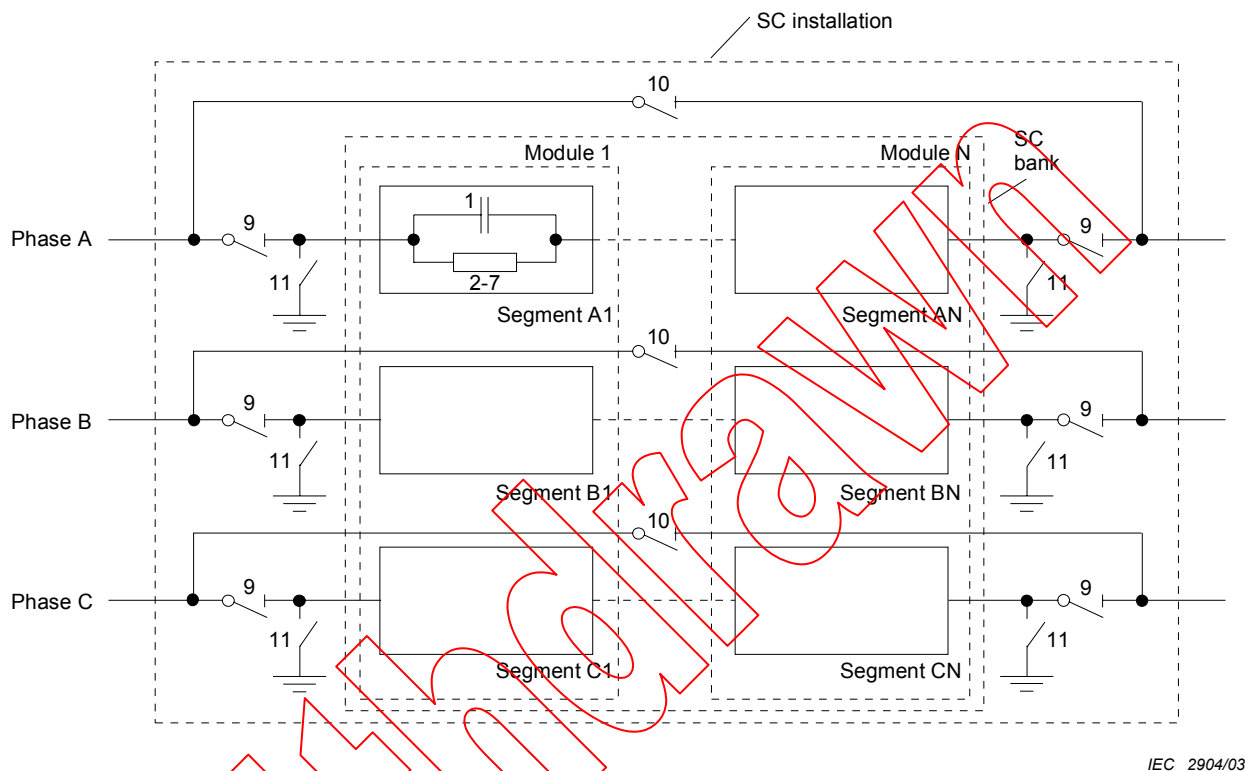
U_{ipf}

tension de tenue à fréquence industrielle sous pluie des traversées et isolateurs

3.18**module (of a series capacitor)**

switchable step of a series capacitor consisting of identical segments in each phase (see Figure 1), which furthermore are also equipped with provisions for a common operation of the bypass switch of each of these segments

NOTE The bypass switch of a module is normally operated on a three-phase basis. However, in some applications for protection purposes, the bypass switch may be required to temporarily operate on an individual phase basis.

**Key**

- 1 assembly of capacitor units
- 2-7 main protective equipment (Figure 2/M2 and Annex D)
- 9 isolating disconnector
- 10 bypass disconnector
- 11 earth switch

Figure 1 – Typical nomenclature of a series capacitor installation

3.19**overvoltage protector (of a series capacitor)**

quick-acting device which limits the voltage across the capacitor to a permissible value when that value would otherwise be exceeded as a result of a circuit fault or other abnormal power system conditions

[IEC 60050, 436-03-14, modified]

3.20**power frequency withstand voltage**

U_{ipf}

wet power frequency withstand voltage of bushings and insulators

3.21

niveau de protection

U_{pl}

amplitude de la valeur maximale de crête de la tension à fréquence industrielle apparaissant à travers le dispositif de protection contre les surtensions pendant un défaut du réseau

NOTE Le niveau de protection peut être exprimé en fonction de la tension de crête réelle appliquée à travers un segment ou en fonction de la valeur de crête par unité de la tension assignée du condensateur (Voir 5.1.4, 10.4 et 10.5).

3.22

capacité assignée (d'un condensateur)

C_N

valeur de la capacité pour laquelle le condensateur a été conçu

[CEI 60050, 436-01-12, modifiée]

3.23

courant assigné d'un condensateur

I_N

valeur efficace du courant alternatif pour laquelle le condensateur a été conçu

[CEI 60050, 436-01-13]

3.24

fréquence assignée (d'un condensateur)

f_N

fréquence du réseau dans lequel le condensateur est destiné à être utilisé

[CEI 60050, 436-01-14, modifiée]

3.25

puissance assignée (d'un condensateur)

Q_N

puissance réactive déduite des valeurs assignées de la réactance et du courant

[CEI 60050, 436-01-16, modifiée]

NOTE Pour la batterie, la puissance réactive assignée triphasée exprimée en Mvar (Q_N) est définie par l'équation:

$$Q_N = 3 \times I_N^2 \times X_N$$

où

I_N est le courant assigné, en kA;

X_N est la réactance assignée, en Ω .

3.26

réactance assignée (d'un condensateur)

X_N

réactance de chaque phase de condensateurs série à la fréquence assignée et à une température du diélectrique de 20 °C

3.27

tension assignée (de la batterie)

tension entre phases du réseau pour laquelle le système d'isolement phase-terre est conçu

3.28

tension assignée (d'un condensateur)

U_N

valeur efficace de la tension entre les bornes déduites des valeurs assignées de la réactance et du courant $U_N = X_N \times I_N$

[CEI 60050, 436-01-15, modifiée]

3.21**protective level** U_{pl}

magnitude of the maximum peak of the power frequency voltage appearing across the overvoltage protector during a power system fault

NOTE The protective level may be expressed in terms of the actual peak voltage across a segment or in terms of the per unit of the peak of the rated voltage across the capacitor (see 5.1.4, 10.4 and 10.5)

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

capacitance value for which the capacitor has been designed

[IEC 60050, 436-01-12, modified]

3.23**rated current of a capacitor** I_N

r.m.s. value of the alternating current for which the capacitor has been designed

[IEC 60050, 436-01-13]

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

frequency of the system in which the capacitor is intended to be used

[IEC 60050, 436-01-14, modified]

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

reactive power derived from rated reactance and rated current

[IEC 60050, 436-01-16, modified]

NOTE For the bank, the rated three-phase reactive power rating in Mvar (Q_N) is defined by the equation:

$$Q_N = 3 \times I_N^2 \times X_N$$

where

I_N is the rated current, in kA,

X_N is the rated reactance, in Ω .

3.26**rated reactance (of capacitor)** X_N

reactance of each phase of the series capacitor at rated frequency and 20 °C dielectric temperature

3.27**rated voltage (of the bank)**

power system phase-to-phase voltage for which the phase-to-ground insulation system is designed

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

r.m.s. value of the voltage between the terminals, derived from rated reactance and rated current $U_N = X_N \times I_N$

[IEC 60050, 436-01-15, modified]

3.29

tension résiduelle (d'un condensateur)

tension qui reste entre les bornes d'un condensateur pendant un temps donné après son débranchement de l'alimentation

3.30

segment (de condensateurs série)

lorsque chaque phase d'une batterie est divisée en un ou plusieurs ensembles connectés en série, chacun contenant son propre assemblage de condensateurs unitaires, son dispositif de protection contre les surtensions, ses fonctions de protection et son commutateur de shuntage, chaque ensemble complet est appelé segment (voir Figure 1)

NOTE Les segments ne sont pas normalement séparés par des sectionneurs d'isolement. Plusieurs segments peuvent être montés sur la même plate-forme isolée.

3.31

batterie de condensateurs série (ou batterie)

ensemble triphasé de condensateurs avec sa protection associée et sa structure de support isolée

NOTE Une batterie peut comprendre un ou plusieurs modules (voir Figure 1).

3.32

installation de condensateurs série

batterie de condensateurs série et ses accessoires incluant les commutateurs de shuntage et les sectionneurs d'isolement

[CEI 60050, 436-01-07, modifiée]

3.33

état stable

équilibre thermique atteint par le condensateur fonctionnant dans des conditions constantes de puissance et de température de l'air ambiant

3.34

sous-segment

lorsqu'un segment est divisé en plus d'un ensemble connecté en série et que chaque ensemble inclut un assemblage de condensateurs avec un dispositif de protection contre les surtensions et des fonctions de protection sélectionnées, chaque ensemble est appelé un sous-segment

NOTE Un sous-segment n'a pas de commutateur de shuntage propre.

3.35

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

$\tan \delta$

rapport entre la résistance-série équivalente et la réactance capacitive du condensateur dans des conditions spécifiées de fréquence et de tension alternative sinusoïdale

NOTE La tangente de l'angle de pertes peut également être exprimée comme les pertes du condensateur divisées par la puissance réactive du condensateur.

3.36

courant coordonné de varistance

amplitude du courant de varistance associé au niveau de protection

NOTE La forme d'onde du courant coordonné de varistance est considérée comme ayant un temps de montée virtuel de 30–50 μ s. La queue de l'onde de courant n'est pas significative pour l'établissement de la tension du niveau de protection.

3.29**residual voltage (of a capacitor)**

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

3.30**segment (of a series capacitor)**

where each phase of a bank is divided into one or more series connected parts, of which each part contains its own assembly of capacitor units, overvoltage protector, protective functions and bypass switch, each such complete part is called segment (see Figure 1)

NOTE Segments are not normally separated by isolating disconnectors. More than one segment can be on the same insulated platform.

3.31**series capacitor bank (or bank)**

three-phase assembly of capacitors with the associated protection and insulated support structure

NOTE The bank may include one or more modules (see Figure 1).

3.32**series capacitor installation**

series capacitor bank and its accessories including the bypass and isolating disconnectors

[IEC 60050, 436-01-07, modified]

3.33**steady-state condition**

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

3.34**sub-segment**

where a segment is divided into more than one series connected part, and each part includes an assembly of capacitors with an overvoltage protector and selected protective functions, each part is called a sub-segment

NOTE A sub-segment does not have its own bypass switch.

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

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

NOTE Tangent of loss angle can also be expressed as the capacitor losses divided by the reactive power of the capacitor.

3.36**varistor coordinating current**

magnitude of varistor current associated with the protective level

NOTE The varistor coordinating current waveform is considered to have a virtual front time of 30–50 μs . The tail of the waveform is not significant in establishing the protective level voltage.

4 Conditions de service

4.1 Conditions normales de service

Les batteries de condensateurs série doivent être appropriées pour fonctionner avec leur courant spécifié, aux tensions et fréquences assignées et en supportant des séquences spécifiques de défaut dans les conditions suivantes:

- a) L'altitude ne dépasse pas 1 000 m au-dessus du niveau de la mer.
- b) Les températures intérieures et extérieures de l'air ambiant sont comprises dans les limites spécifiées par l'acheteur.
- c) L'épaisseur de glace ne dépasse pas 19 mm (si applicable).
- d) Les vitesses du vent ne sont pas supérieures à 128 km/h.
- e) L'accélération sismique horizontale (si applicable) de l'équipement ne dépasse pas 0,2 g et l'accélération verticale ne dépasse pas 0,16 g lorsque qu'elle est appliquée simultanément à la base du support des isolateurs. Pour les besoins de cette exigence, les valeurs d'accélération sont statiques.

NOTE Cela est le «niveau bas de qualification sismique» tel que décrit dans la norme IEEE 693. L'accélération sismique et le vent maximal ne seront pas considérés comme pouvant se produire simultanément.

- f) L'épaisseur de neige (si applicable) n'excède pas la hauteur des fondations de la plateforme du support des isolateurs. (Une hauteur maximale typique est 1 m.)
- g) Le rayonnement solaire n'excède pas 1 000 W/m².

4.2 Catégories de température de l'air ambiant

Les condensateurs sont classés en catégories de température, chaque catégorie étant repérée par un nombre suivi d'une lettre. Le nombre représente la valeur la plus basse de la température de l'air ambiant à laquelle le condensateur peut fonctionner. La lettre représente la limite supérieure de la plage de variation de la température dont la valeur maximale est spécifiée dans le Tableau 1.

Tableau 1 – Symboles littéraux de la limite supérieure de la plage de températures

Symbole	Température de l'air ambiant °C		
	Maximum	Moyenne la plus élevée sur une période de	
		24 h	1 an
A	40	30	20
B	45	35	25
C	50	40	30
D	55	45	35

Les catégories de température couvrent une plage totale qui s'étend de –50 °C à +55 °C. Il convient de choisir la valeur la plus basse de la température de l'air ambiant à laquelle le condensateur peut être utilisé parmi les cinq valeurs préférentielles suivantes: +5 °C, –5 °C, –25 °C, –40 °C et –50 °C.

Une combinaison quelconque composée d'une valeur minimale et d'une valeur maximale peut être choisie pour définir la catégorie de température normale d'un condensateur, par exemple –40/A ou –5/C.

4 Service conditions

4.1 Normal service conditions

Series capacitor banks shall be suitable for operation at their specified current, voltage, and frequency ratings and specified fault sequences under the following conditions:

- The elevation does not exceed 1 000 m above sea level.
- The indoor and outdoor ambient temperatures are within the limits specified by the purchaser.
- The ice load does not exceed 19 mm (if applicable).
- Wind velocities are no greater than 128 km/h.
- The horizontal seismic acceleration (if applicable) of the equipment does not exceed 0,2 *g* and the vertical acceleration does not exceed 0,16 *g* when applied simultaneously at the base of the support insulators. For the purposes of this requirement, the values of acceleration are static.

NOTE This is the "low seismic qualification level" defined in IEEE Std 693. The seismic acceleration and the maximum wind do not have to be considered to occur simultaneously.

- The snow depth (if applicable) does not exceed the height of the foundations for the platform support insulators. (A typical maximum height is 1 m.)
- The solar radiation does not exceed 1 000 W/m².

4.2 Ambient air temperature categories

Capacitors are classified in temperature categories, each category being specified by one number followed by one letter. The number represents the lowest ambient air temperature at which the capacitor may operate. The letter represents the upper limit of temperature variation range, having the maximum value specified in Table 1.

Table 1 – Letter symbols for upper limit of temperature range

Symbol	Ambient air temperature °C		
	Maximum	Highest mean over any period of	
		24 h	1 year
A	40	30	20
B	45	35	25
C	50	40	30
D	55	45	35

The temperature categories cover a total temperature range from –50 °C to +55 °C. The lowest ambient air temperature at which the capacitor may be operated should be chosen from the five preferred values +5 °C, –5 °C, –25 °C, –40 °C and –50 °C.

Any combination of minimum and maximum values can be chosen for the standard temperature category of a capacitor, for example –40/A or –5/C.

Le Tableau 1 est établi pour des conditions de service dans lesquelles le condensateur est sans influence sur la température de l'air ambiant (par exemple pour des installations extérieures). Si le condensateur a une influence sur la température de l'air environnant, l'effet de la ventilation et/ou le choix du condensateur doivent permettre de maintenir les valeurs limites indiquées dans le Tableau 1. Dans ce type d'installation, la température de l'air de refroidissement ne doit pas dépasser de plus de 5 °C les limites indiquées dans le Tableau 1.

NOTE Les valeurs de température du Tableau 1 peuvent se trouver dans les tableaux météorologiques de température concernant le site d'installation.

4.3 Conditions de service inhabituelles

L'utilisation des batteries de condensateurs série dans des conditions autres que celles d'un service normal, doit être considérée comme spéciale et doit être identifiée dans une spécification de l'acheteur. Des exemples de telles conditions sont donnés ci-après:

- a) Conditions de service autres que celles listées en 4.1.
- b) Exposition à de la poussière excessivement abrasive et conductrice.
- c) Exposition à des atmosphères salines, fumées polluantes ou vapeurs.
- d) Essaim d'insectes.
- e) Vol d'oiseaux.
- f) Conditions demandant une isolation supplémentaire ou une ligne de fuite supplémentaire des isolateurs.
- g) Accélérations sismiques à des «niveaux de qualification sismique modérés ou importants» tels que définis dans l'IEEE Std 693.

4.4 Conditions de fonctionnement anormales du réseau

Des conditions de fonctionnement anormales du réseau comprennent:

- a) Courants harmoniques permanents dans le réseau.
- b) La ligne de transmission sur laquelle la batterie de condensateurs série est localisée n'a pas de transposition de phase de telle sorte que les réactances de chaque phase de la ligne ne sont pas approximativement égales.

5 Exigences de qualité et essais

5.1 Exigences relatives aux essais des condensateurs unitaires

5.1.1 Généralités

Le présent article indique les exigences relatives aux essais des condensateurs unitaires.

NOTE Les exigences relatives aux essais des autres équipements se trouvent dans la CEI 60143-2, la CEI 60143-3 et l'Annexe A de la présente norme.

Les supports isolants, les commutateurs, les transformateurs de mesure, les coupe-circuit externes, etc., doivent être conformes aux dispositions des normes de la CEI qui les concernent.

Table 1 is based on service conditions in which the capacitor does not influence the ambient air temperature (e.g. outdoor installations). If the capacitor influences the air temperature, the ventilation and/or choice of capacitor shall be such that the limits of Table 1 are maintained. The cooling air temperatures in such installations shall not exceed the temperature limits of Table 1 by more than 5 °C.

NOTE The temperature values according to Table 1 can be found in the meteorological temperature tables covering the installation site.

4.3 Abnormal service conditions

The application of series capacitor banks at other than the normal service conditions shall be considered as special and shall be identified in the purchaser's specification. Examples of such conditions are as follows:

- a) Service conditions other than those listed in 4.1.
- b) Exposure to excessively abrasive and conducting dust.
- c) Exposure to salt, damaging fumes, or vapors.
- d) Swarming insects.
- e) Flocking birds.
- f) Conditions requiring over-insulation or extra leakage distance on insulators.
- g) Seismic accelerations at the "moderate or high seismic qualification levels" as defined in IEEE Std 693.

4.4 Abnormal power system conditions

Abnormal power system conditions include:

- a) Continuous harmonic currents in the power system.
- b) The transmission line on which the series capacitor bank is located does not have phase transpositions so the reactances of each phase of the line are not approximately equal.

5 Quality requirements and tests

5.1 Test requirements for capacitor units

5.1.1 General

This clause gives the test requirements for capacitor units.

NOTE Test requirements for other equipment is found in IEC 60143-2, IEC 60143-3 and Annex A of this standard.

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

5.1.2 Conditions d'essai

Sauf spécification contraire pour un essai particulier ou une mesure particulière, la température du diélectrique d'un condensateur doit être comprise entre +5 °C et +35 °C. Lorsqu'une correction est nécessaire, la température de référence à utiliser est de +20 °C, sauf accord contraire entre le constructeur et l'acheteur. On peut supposer que la température du diélectrique du condensateur unitaire est la même que celle de l'air ambiant, pourvu que le condensateur ait été laissé hors tension à une température ambiante constante pendant un temps suffisant.

Sauf spécification contraire, les essais et les mesures en courant alternatif doivent être effectués à une fréquence de 50 Hz ou 60 Hz, sans tenir compte de la fréquence assignée du condensateur.

5.1.3 Limites de tension en relation avec le dispositif de protection contre les surtensions

a) Objet

Le dispositif de protection contre les surtensions est un dispositif à action rapide limitant la tension aux bornes des condensateurs série à une valeur acceptable; sans ce dispositif, la valeur de la tension pourrait devenir excessive par suite d'un défaut ou de conditions anormales sur le réseau.

b) Classification

Quatre variantes communes sont listées ci-dessous (voir Figure 2):

- éclateur de protection simple (type K1),
- deux éclateurs de protection individuels formant un système double d'éclateurs (type K2),
- résistance non linéaire (type M1),
- résistance non linéaire avec éclateur shunt (type M2).

NOTE 1 Si la tension d'amorçage d'un dispositif de protection contre les surtensions est dépendante de la densité de l'air, il est sous-entendu que U_{pl} correspond aux conditions pour lesquelles la tension d'amorçage est la plus élevée, c'est-à-dire à la pression de l'air la plus élevée et la température la plus basse. De plus, il convient de prendre en compte la tension d'amorçage lors de la détermination de U_{pl} .

NOTE 2 Pour le cas K2 (double éclateur), il convient que U_{pl} et par conséquent toutes les tensions d'essai et les niveaux d'isolement soient déterminés pour l'éclateur le plus élevé.

5.1.2 Test conditions

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

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

5.1.3 Voltage limits as established by overvoltage protector

a) Purpose

The overvoltage protector is a quick-acting device which limits the voltage across the series capacitor to a permissible value when that value would otherwise be exceeded as a result of a power-system fault or other abnormal network condition.

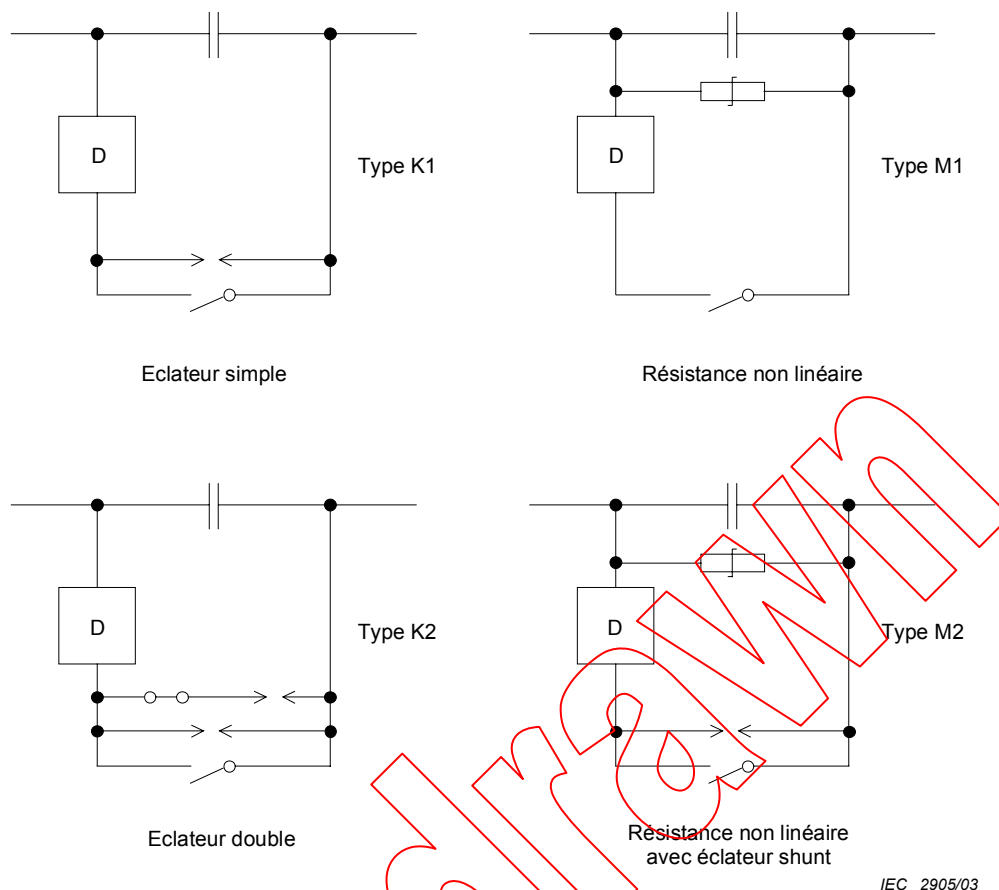
b) Classification

Four common alternatives are listed below (see Figure 2):

- single protective spark gap (type K1),
- two different set single-protective spark gaps forming a dual-gap system (type K2),
- non-linear resistor (type M1),
- non-linear resistor with bypass gap (type M2).

NOTE 1 If the sparkover voltage of an overvoltage protector is dependent on air density, U_{pl} is understood to correspond to the conditions resulting in the highest sparkover voltage, i.e. to the highest air pressure and the lowest temperature. Also, the tolerance on sparkover voltage should be taken into account when determining U_{pl} .

NOTE 2 For scheme K2 (dual gap) U_{pl} and consequently all test voltages and insulation levels should be determined by the high set gap.



IEC 2905/03

Figure 2 – Classification des dispositifs de protection contre les surtensions

5.1.3.1 Dispositif de protection contre les surtensions de Type K

Lorsque l'éclateur amorce par suite d'un courant de ligne excessif provoqué par un défaut sur le réseau, un arc est maintenu jusqu'au déclenchement de la ligne ou jusqu'à la fermeture du dispositif de shuntage.

Tant que l'arc est maintenu, le condensateur est exposé à une crête de tension dont la valeur ne doit pas dépasser U_{pl} . Le condensateur est soumis à une décharge transitoire une fois seulement à chaque déclenchement de l'éclateur.

5.1.3.2 Dispositif de protection contre les surtensions de Type M

La résistance non linéaire est connectée en permanence aux bornes du condensateur. Lorsque la batterie fonctionne à son courant de charge normal, un courant déterminé mais très faible traverse la résistance non linéaire.

Dans le cas d'un défaut externe à la ligne concernée, les condensateurs série sont automatiquement réinsérés lorsque le défaut disparaît. Même durant un tel défaut, les condensateurs série exercent une certaine influence compensatrice. C'est pour cela que, dans beaucoup de cas, la valeur U_{pl} choisie avec le Type M peut être plus basse que celle des dispositifs de protection contre les surtensions de Type K. Par ailleurs, si un court-circuit affecte la ligne compensée elle-même, les disjoncteurs qui sont aux extrémités de la ligne seront ouverts.

La résistance non linéaire doit être conçue pour résister à des contraintes thermiques apparaissant durant les conditions de surcharge et durant les oscillations dans le réseau conformément à 10.3, et à celles du courant de défaut maximal de la ligne.

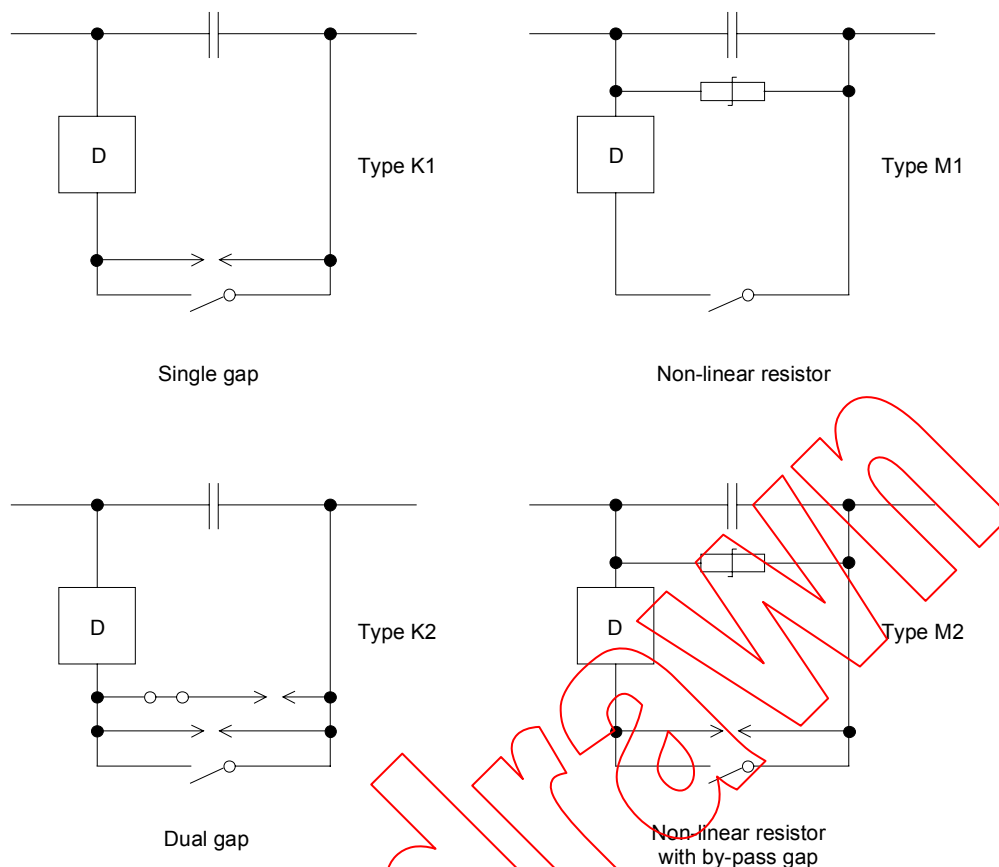


Figure 2 – Classification of overvoltage protection

5.1.3.1 Type K overvoltage protector

When the gap sparks over due to an excessive line current caused by a fault in the system, an arc is sustained until de-energizing the line or closing a bypass switch.

During arcing of the gap, the capacitor is exposed to one voltage peak whose value shall not exceed U_{pl} . The capacitor is subjected to a transient discharge once only at every operation of the gap.

5.1.3.2 Type M overvoltage protector

The non-linear resistor is permanently connected across the capacitor terminals. When the bank is operated at normal load current, a given but very low current passes through the non-linear resistor.

In the case of a fault external to the line concerned, the series capacitor becomes automatically reinserted when the fault is disconnected. Even during such a fault the series capacitor exerts a certain compensating effect. For this reason, in many cases, the U_{pl} chosen with Type M can be lower than with Type K overvoltage protectors. On the other hand, in the event of a short-circuit at the compensated line itself, the circuit-breakers at the ends of the line will be opened.

The non-linear resistor shall be designed to withstand the thermal stresses occurring during the overload conditions and during the system swing according to 10.3, and those of the maximum line fault current.

Si le défaut externe dure longtemps, par exemple à cause d'un mauvais fonctionnement de la protection de ligne, la résistance non linéaire peut être surchargée thermiquement. De plus, des courts-circuits intervenant sur la ligne compensée peuvent provoquer des courants tellement élevés qu'il n'est pas économique de dimensionner en conséquence la résistance non linéaire. Afin de protéger la résistance non linéaire dans de tels cas, elle peut être shuntée par un commutateur ou par un éclateur à déclenchement forcé.

5.1.4 Détermination de la tension du niveau de protection U_{pl} et U_{lim}

La valeur de la tension d'essai (U_t) entre les bornes dépend du type de dispositif de protection contre les surtensions et de son niveau de protection U_{pl} (voir 5.1.3).

La tension limite U_{lim} (kV eff.) pour le condensateur unitaire est liée au niveau de protection de la phase en question ou du segment U_{pl} (kV crête) selon l'équation (1).

$$U_{lim} = U_{pl} / (s \times \sqrt{2}) \quad (1)$$

où s est le nombre de condensateurs unitaires en série raccordés sur U_{pl} .

Plus de clarifications sont données en 10.4 et 10.5.

5.2 Classification des essais

Les essais sur l'équipement constituant la batterie de condensateurs sont divisés en essais individuels, en essais de type et en essais spéciaux. Des essais complémentaires sont habituellement effectués après que la batterie soit installée. Ces essais sont décrits dans la CEI 60143-2.

5.2.1 Essais individuels

- a) Mesure de la capacité (voir 5.3)
- b) Mesure des pertes du condensateur (voir 5.4)
- c) Essai de tenue en tension entre bornes (voir 5.5)
- d) Essai diélectrique en tension alternative entre bornes et cuve (voir 5.6)
- e) Essai du dispositif interne de décharge (voir 5.7)
- f) Essai d'étanchéité (voir 5.8)
- g) Essai de décharge des fusibles internes (voir 3.1.2 de la CEI 60143-3).

Les essais ne doivent pas être nécessairement effectués dans l'ordre indiqué ci-dessus.

Les essais individuels doivent être effectués par le constructeur, avant la livraison, sur chaque condensateur unitaire.

5.2.2 Essais de type

- a) Essai de stabilité thermique (voir 5.9)
- b) Essai diélectrique en tension alternative entre bornes et cuve (voir 5.10)
- c) Essai de tension de choc de foudre entre bornes et cuve (voir 5.11)
- d) Essai de tenue au froid (voir 5.12)
- e) Essai de courant de décharge (voir 5.13).

Les essais de type sont effectués pour s'assurer que le condensateur unitaire est conforme aux caractéristiques contractuelles et aux exigences fonctionnelles spécifiées dans cette norme.

In the event of prolonged duration of an external fault, e.g. due to malfunction of the line protection, the non-linear resistor may become thermally overloaded. Also short-circuits at the compensated line may imply such high currents that it is not economical to dimension the non-linear resistor accordingly. In order to protect the non-linear resistor in such cases, it may be bypassed by a switch or a forced, triggered spark-gap.

5.1.4 Determination of protective level voltage U_{pl} and U_{lim}

The value of a test voltage (U_t) between terminals depends on the type of the overvoltage protector and its protective level voltage U_{pl} (see 5.1.3).

The limiting voltage U_{lim} (kV r.m.s.) for the capacitor unit is related to the protective level voltage of the actual phase or segment U_{pl} (kV peak) according to equation (1).

$$U_{lim} = U_{pl} / (s \times \sqrt{2}) \quad (1)$$

where s is the number of capacitor units in series which spans U_{pl} .

Further clarifications are given in 10.4 and 10.5.

5.2 Classification of tests

Tests on equipment that constitute the capacitor bank are designated as routine tests, type tests and special tests. Additional tests are typically performed after the bank is installed. These tests are discussed in IEC 60143-2.

5.2.1 Routine tests

- a) Capacitance measurement (see 5.3)
- b) Capacitor loss measurement (see 5.4)
- c) Voltage test between terminals (see 5.5)
- d) AC voltage test between terminals and container (see 5.6)
- e) Test on internal discharge device (see 5.7)
- f) Sealing test (see 5.8)
- g) Discharge test of internal fuses (see 3.1.2 of IEC 60143-3).

The test sequence is not necessarily that indicated above.

The routine tests shall be carried out by the manufacturer on every capacitor unit before delivery.

5.2.2 Type tests

- a) Thermal stability test (see 5.9)
- b) AC voltage test between terminals and container (see 5.10)
- c) Lightning impulse voltage test between terminals and container (see 5.11).
- d) Cold duty test (see 5.12)
- e) Discharge current test (see 5.13).

The type tests are carried out in order to ensure that the capacitor unit complies with the contractual characteristics and with the operational requirements as specified in this standard.

Il n'est pas indispensable que tous les essais de type soient effectués sur la même unité.

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

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

Lorsqu'un essai de type a précédemment été effectué avec succès sur un équipement de conception similaire, avec des niveaux de contrainte et de service qui sont équivalents ou plus importants que ce qui est exigé pour une application particulière, alors le fabricant n'a pas à répéter l'essai si un rapport écrit décrivant l'essai précédent est fourni. Le fabricant doit également fournir des explications montrant comment les essais précédemment réalisés satisfont aux exigences de l'application particulière.

De nouveaux essais de type doivent être effectués pour un projet particulier, uniquement si la conception de l'équipement est nouvelle ou si un procédé crucial de fabrication est nouveau, ou si l'application est réalisée avec un niveau de contrainte et de service supérieur ou si cela est exigé par contrat par l'acheteur.

5.2.3 Essai spécial (essai d'endurance)

L'essai d'endurance doit être effectué seulement après accord contractuel entre le constructeur et l'acheteur (voir 5.14).

5.3 Mesure de la capacité (essai individuel)

5.3.1 Modalité de mesure

La capacité de chaque condensateur unitaire doit être mesurée à une tension comprise entre 0,9 et 1,1 fois la tension assignée, en employant une méthode permettant d'éviter les erreurs dues aux harmoniques. Des mesures peuvent être faites à une tension différente, pourvu que les facteurs de correction appropriés fassent l'objet d'un accord entre le constructeur et l'acheteur.

La précision de la méthode de mesure doit être suffisante pour respecter les tolérances qui figurent en 5.3.2. La reproductibilité de la méthode de mesure doit être suffisante pour détecter un élément perforé ou un coupe-circuit interne ayant fonctionné.

La capacité définitive doit être mesurée, après exécution de l'essai de tension (voir 5.5). Pour mettre en évidence une éventuelle variation de la capacité due, par exemple, à la perforation d'un élément ou au fonctionnement d'un coupe-circuit interne, une mesure préliminaire doit être faite avant les autres essais individuels de tension. Cette mesure préliminaire doit être faite à une tension ne dépassant pas $0,15 U_N$.

Après accord, le constructeur doit fournir les courbes ou les tableaux montrant:

- la capacité à l'état stable et à la puissance assignée, en fonction de la température de l'air ambiant dans les limites de la catégorie de température;
- la capacité en fonction de la température du diélectrique dans les limites de la catégorie de température.

5.3.2 Tolérances sur la capacité

Les tolérances concernent les valeurs de capacité mesurées à une tension comprise entre 0,9 et 1,1 fois la tension assignée, dans les conditions de 5.3.1.

It is not essential that all type tests are carried out on the same capacitor unit.

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

Unless otherwise specified, every capacitor sample to which a type test will be applied shall have first withstood satisfactorily the application of all the routine tests.

When a type test has previously been successfully performed on equipment of similar design at stress or duty levels that are equal to or greater than that required for the specific application, then the manufacturer does not have to repeat the test if a written report describing the previous test is provided. The manufacturer shall also provide an explanation of how the previous test satisfies the requirements for the specific application.

New type tests shall be performed for a specific project, only if the equipment design is new or if a critical manufacturing process is new, or if it is to be applied at a higher stress or duty level than previously tested designs or if specifically contracted by the purchaser.

5.2.3 Special test (endurance test)

The endurance test shall be carried out only after a contractual agreement between the manufacturer and purchaser (see 5.14).

5.3 Capacitance measurement (routine test)

5.3.1 Measuring procedure

The capacitance of each capacitor unit shall be measured at 0,9 to 1,1 times the rated voltage, using a method that excludes errors due to harmonics. Measurement at another voltage is permitted, provided that an appropriate correction factor is agreed upon between the manufacturer and purchaser.

The accuracy of the measuring method shall be such that the tolerances according to 5.3.2 can be respected. The repeatability of the measuring method shall be such that a punctured element or an operated internal fuse can be detected.

The final capacitance measurement shall be carried out after the voltage test (see 5.5). In order to reveal any change in capacitance, e.g. due to puncture of an element, or failure of an internal fuse, a preliminary capacitance measurement shall be made before the other voltage routine tests. This preliminary measurement shall be performed with a voltage not higher than 0,15 U_N .

The manufacturer shall, on agreement, provide curves or tables showing:

- the capacitance in steady-state condition at rated output as a function of ambient air temperature within the temperature category;
- the capacitance as a function of the dielectric temperature within the temperature category.

5.3.2 Capacitance tolerance

The tolerances refer to capacitance values measured at 0,9 to 1,1 times the rated voltage under the conditions of 5.3.1.