

**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 condensateur 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*

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*