



IEC 60143-1

Edition 5.1 2023-11
CONSOLIDATED VERSION

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Series capacitors for power systems –
Part 1: General**

**Condensateurs série destinés à être installés sur des réseaux –
Partie 1: Généralités**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 31.060.70

ISBN 978-2-8322-7807-9

**Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.
Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.**



IEC 60143-1

Edition 5.1 2023-11
CONSOLIDATED VERSION

REDLINE VERSION

VERSION REDLINE



**Series capacitors for power systems –
Part 1: General**

**Condensateurs série destinés à être installés sur des réseaux –
Partie 1: Généralités**

CONTENTS

FOREWORD.....	6
1 Scope and object.....	8
2 Normative references	8
3 Terms and definitions	9
4 Service conditions	14
4.1 Normal service conditions	14
4.2 Ambient air temperature categories	15
4.3 Abnormal service conditions	15
4.4 Abnormal power system conditions	16
5 Quality requirements and tests	16
5.1 Test requirements for capacitor units	16
5.1.1 General	16
5.1.2 Test conditions	16
5.1.3 Voltage limits as established by overvoltage protector	16
5.1.4 Determination of protective level voltage U_{pl} and U_{lim}	18
5.2 Classification of tests	18
5.2.1 General	18
5.2.2 Routine tests	18
5.2.3 Type tests.....	18
5.2.4 Special test (ageing test)	19
5.3 Capacitance measurement (routine test).....	19
5.3.1 Measuring procedure	19
5.3.2 Capacitance tolerance	20
5.4 Capacitor loss measurement (routine test).....	20
5.4.1 Measuring procedure	20
5.4.2 Loss requirements	20
5.4.3 Losses in external fuses	21
5.5 Voltage test between terminals (routine test)	21
5.6 AC voltage test between terminals and container (routine test)	21
5.7 Test on internal discharge device (routine test).....	21
5.8 Sealing test (routine test).....	21
5.9 Thermal stability test (type test).....	21
5.9.1 Measuring procedure	21
5.9.2 Capacitor loss measurement	23
5.10 AC voltage test between terminals and container (type test)	23
5.11 Lightning impulse voltage test between terminals and container (type test).....	23
5.12 Cold duty test (type test).....	24
5.13 Discharge current test (type test).....	25
6 Insulation level	26
6.1 Insulation voltages	26
6.1.1 Standard values.....	26
6.1.2 Insulation to earth and between phases.....	26
6.1.3 Insulation levels for insulators and equipment on the platform	26
6.2 Creepage distance	33
6.3 Air clearances	34
7 Overloads, overvoltages and duty cycles	38

7.1	Currents.....	38
7.2	Transient overvoltages.....	38
7.3	Duty cycles.....	39
8	Safety requirements.....	39
8.1	Discharge device.....	39
8.2	Container connection.....	39
8.3	Protection of the environment.....	40
8.4	Other safety requirements.....	40
9	Markings and instruction books.....	40
9.1	Markings of the unit.....	40
9.1.1	Rating plate.....	40
9.1.2	Warning plate.....	41
9.2	Markings of the bank.....	41
9.2.1	Instruction sheet or rating plate.....	41
9.2.2	Warning plate.....	41
9.3	Instruction book.....	41
10	Guide for selection of ratings, installation and operation.....	42
10.1	General.....	42
10.2	Reactance per line, rated reactance per bank and number of modules per bank.....	42
10.2.1	Capacitive reactance per line.....	42
10.2.2	Number of series capacitor banks in a transmission line.....	43
10.2.3	Number of modules in a capacitor bank.....	43
10.2.4	Future requirements for series capacitors.....	44
10.3	Current ratings for the bank.....	44
10.3.1	General.....	44
10.3.2	Typical bank overload and swing current capabilities.....	45
10.3.3	Analysis to determine the continuous and emergency overload current rating.....	46
10.3.4	Analysis to determine the swing current rating.....	46
10.4	Overvoltage protection requirements.....	46
10.5	Voltage limitations during power system faults.....	47
10.5.1	General.....	47
10.5.2	Voltage limitation when the inductance between the primary overvoltage protector and the capacitors is not significant.....	47
10.5.3	Voltage limitation when the inductance between the primary overvoltage protector and the capacitors is significant.....	48
10.6	Protective and switching devices.....	48
10.6.1	Capacitor fusing.....	48
10.6.2	Other devices.....	48
10.6.3	Connection diagrams.....	49
10.7	Choice of insulation level.....	49
10.7.1	Normal cases.....	49
10.7.2	Altitude exceeding 1 000 m.....	49
10.8	Long line correction.....	50
10.9	Other application considerations.....	51
10.9.1	General.....	51
10.9.2	Ferro-resonance.....	51
10.9.3	Sub-synchronous resonance.....	51

10.9.4	Relay protection of the power system	51
10.9.5	Attenuation of carrier-frequency transmission	52
10.9.6	Non-transposed transmission lines	52
10.9.7	Power system harmonic currents	52
10.9.8	TRV across line circuit-breakers	52
10.9.9	Delayed line current zero crossing	53
10.9.10	Prolonged secondary arc current	53
Annex A (normative) Test requirements and application guide for external fuses and units to be externally fused		54
A.1	Overview	54
A.2	Purpose	54
A.3	Terms employed in Annex A	54
A.4	Performance requirements	54
A.5	Tests	55
A.5.1	Tests on fuses	55
A.5.2	Type tests on capacitor container	55
A.6	Guide for coordination of fuse protection	55
A.6.1	General	55
A.6.2	Protection sequence	55
A.7	Choice of fuses	56
A.7.1	General	56
A.7.2	Non current-limiting fuses	56
A.7.3	Current-limiting fuses	56
A.8	Information needed by the user of the fuses	56
Annex B (informative) Economic evaluation of series capacitor bank losses		57
Annex C (informative) Capacitor bank fusing and unit arrangement		58
C.1	General	58
C.2	Internally fused capacitor bank	58
C.3	Externally fused capacitor bank	58
C.4	Fuseless capacitor bank	59
Annex D (informative) Examples of typical connection diagrams for large series capacitor installations for transmission lines		61
Annex E (informative) Precautions to be taken to avoid pollution of the environment by polychlorinated biphenyls		62
Bibliography		63
Figure 1 – Typical nomenclature of a series capacitor installation		12
Figure 2 – Classification of overvoltage protection		17
Figure 3 – Time and amplitude limits for an overvoltage period waveform		25
Figure 4 – Air clearance versus a.c. power frequency withstand voltage		38
Figure 5 – Typical current-time profile of an inserted capacitor bank following the fault and clearing of parallel line		45
Figure C.1 – Typical connections between capacitor units in a segment or phase		59
Figure C.2 – Typical connections between elements within a capacitor unit		60
Figure D.1 – Diagrams for smaller banks		61
Table 1 – Letter symbols for upper limit of temperature range		15

Table 2 – Ambient air temperature in thermal stability test	22
Table 3 – Standard insulation levels for range I ($1 \text{ kV} < U_m \leq 245 \text{ kV}$)	29
Table 4 – Standard insulation levels for range II ($U_m > 245 \text{ kV}$) (1 of 2)	30
Table 5 – Typical insulation levels for platform-to-ground insulators (1 of 2)	32
Table 6 – Specific creepage distances	34
Table 7 – Correlation between standard lightning impulse withstand voltages and minimum air clearances	36
Table 8 – Correlation between standard switching impulse withstand voltages and minimum phase-to-earth air clearances.....	37
Table 9 – Correlation between standard switching impulse withstand voltages and minimum phase-to-phase air clearances	37
Table 10 – Typical bank overload and swing current capabilities.....	45

INTERNATIONAL ÉLECTROTECHNICAL 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 itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 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.

This consolidated version of the official IEC Standard and its amendment has been prepared for user convenience.

IEC 60143-1 edition 5.1 contains the fifth edition (2015-06) [documents 33/578/FDIS and 33/580/RVD], its corrigendum (2017-04), and its amendment 1 (2023-11) [documents 33/690/CDV and 33/693/RVC].

In this Redline version, a vertical line in the margin shows where the technical content is modified by amendment 1. Additions are in green text, deletions are in strikethrough red text. A separate Final version with all changes accepted is available in this publication.

IEC 60143-1:2015+AMD1:2023 CSV – 7 –
© IEC 2023

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

This fifth edition constitutes a technical revision.

The main change with respect to the previous edition is that the endurance test has been replaced by an ageing test because voltage cycling is already performed in the cold duty test. The guide section has been expanded regarding long line correction and altitude correction. In addition the insulation tables and references to other standards have been updated.

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

A list of all parts in the IEC 60143 series, published under the general title *Series capacitors for power systems*, can be found on the IEC website.

The committee has decided that the contents of this document and its amendment will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC website under webstore.iec.ch in the data related to the specific document. At this date, the document will be

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

IMPORTANT – The 'colour inside' logo on the cover page of this publication indicates that it contains colours which are considered to be useful for the correct understanding of its contents. Users should therefore print this document using a colour printer.

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 (all parts));
- capacitors to be used in power electronics circuits (IEC 61071);
- capacitors for discharge lamps (IEC 61048 and IEC 61049).

For standard types of accessories such as insulators, switches, instrument transformers, external fuses, etc. see 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. See also Annex C.

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 and Annex C.

NOTE 3 A separate standard for series capacitor accessories (spark-gaps, varistors, discharge reactors, current-limiting damping reactors, damping resistors, circuit-breakers, etc.), IEC 60143-2, has been revised and was completed in 2012. A separate standard for internal fuses for series capacitors, IEC 60143-3 has been revised and was completed in 2013.

NOTE 4 Some information regarding fuseless capacitor units and fuseless capacitor banks is found in Annex C.

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 Normative references

The following documents, in whole or in part, are normatively referenced in this document and are indispensable for its application. 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 text of IEC 60143-1 prevails.

IEC 60143-1:2015+AMD1:2023 CSV – 9 –

© IEC 2023

IEC 60050 (all parts), *International Electrotechnical Vocabulary* (available at www.electropedia.org)

IEC 60060-1:2010, *High-voltage test techniques – Part 1: General definitions and test requirements*

IEC 60071-1:2006, *Insulation co-ordination – Part 1: Definitions, principles and rules*

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

IEC 60143-2:2012, *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 60143-4: 2010 *Series capacitors for power systems – Part 4: Thyristor controlled series capacitors*

IEC 60549:2013, *High-voltage fuses for the external protection of shunt capacitors*

IEC 60871-1: 2014 *Shunt capacitors for a.c power systems having a rated voltage above 1000V – Part 1: General*

IEC 62271-1:2007, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 1: Common specifications*

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

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	68
1 Domaine d'application et objet	70
2 Références normatives	71
3 Termes et définitions	71
4 Conditions de service	78
4.1 Conditions normales de service	78
4.2 Catégories de températures de l'air ambiant	78
4.3 Conditions de service inhabituelles	79
4.4 Conditions de fonctionnement anormales du réseau	79
5 Exigences de qualité et essais	79
5.1 Exigences relatives aux essais des condensateurs unitaires	79
5.1.1 Généralités	79
5.1.2 Conditions d'essai	79
5.1.3 Limites de tension en relation avec le dispositif de protection contre les surtensions	80
5.1.4 Détermination de la tension du niveau de protection U_{pl} et U_{lim}	81
5.2 Classification des essais	81
5.2.1 Généralités	81
5.2.2 Essais individuels	82
5.2.3 Essais de type	82
5.2.4 Essai spécial (essai de vieillissement)	82
5.3 Mesurage de la capacité (essai individuel)	83
5.3.1 Modalité de mesure	83
5.3.2 Tolérances sur la capacité	83
5.4 Mesurage des pertes du condensateur (essai individuel)	83
5.4.1 Modalité de mesure	83
5.4.2 Exigences relatives aux pertes	84
5.4.3 Pertes dans les coupe-circuit externes	84
5.5 Essai de tenue en tension entre bornes (essai individuel)	84
5.6 Essai diélectrique en tension alternative entre bornes et cuve (essai individuel)	84
5.7 Essai du dispositif interne de décharge (essai individuel)	85
5.8 Essai d'étanchéité (essai individuel)	85
5.9 Essai de stabilité thermique (essai de type)	85
5.9.1 Modalités de mesure	85
5.9.2 Mesurage des pertes du condensateur	86
5.10 Essai diélectrique en tension alternative entre bornes et cuve (essai de type)	86
5.11 Essai de tension de choc de foudre entre bornes et cuve (essai de type)	87
5.12 Essai de tenue au froid (essai de type)	87
5.13 Essai de courant de décharge (essai de type)	88
6 Niveau d'isolement	89
6.1 Tensions d'isolement	89
6.1.1 Valeurs normalisées	89
6.1.2 Isolement par rapport à la terre et entre les phases	90
6.1.3 Niveaux d'isolement pour les isolateurs et l'équipement sur la plate- forme	90
6.2 Ligne de fuite	97

6.3	Distances dans l'air.....	98
7	Surcharges, surtensions et cycles de fonctionnement.....	102
7.1	Courants.....	102
7.2	Surtensions transitoires.....	102
7.3	Cycles de fonctionnement.....	103
8	Exigences de sécurité.....	103
8.1	Dispositif de décharge.....	103
8.2	Connexions de cuve.....	104
8.3	Protection de l'environnement.....	104
8.4	Autres exigences de sécurité.....	104
9	Marquage et manuels d'instructions.....	104
9.1	Marquage des condensateurs unitaires.....	104
9.1.1	Plaque signalétique.....	104
9.1.2	Plaque d'avertissement.....	105
9.2	Marquage des batteries de condensateurs.....	105
9.2.1	Notice d'instructions ou plaque signalétique.....	105
9.2.2	Plaque d'avertissement.....	106
9.3	Manuel d'instructions.....	106
10	Guide pour la sélection des caractéristiques assignées et pour l'installation et l'exploitation.....	106
10.1	Généralités.....	106
10.2	Réactance par ligne, réactance assignée par batterie et nombre de modules par batterie.....	107
10.2.1	Réactance capacitive par ligne.....	107
10.2.2	Nombre de batteries de condensateurs série sur une ligne de transmission.....	108
10.2.3	Nombre de modules d'une batterie de condensateurs.....	108
10.2.4	Exigences futures pour les condensateurs série.....	108
10.3	Caractéristiques assignées de courant pour la batterie.....	109
10.3.1	Généralités.....	109
10.3.2	Surcharge typique d'une batterie et caractéristiques du courant d'oscillation.....	109
10.3.3	Analyse pour déterminer les caractéristiques assignées du courant permanent et de surcharge exceptionnelle.....	110
10.3.4	Analyse pour déterminer la caractéristique assignée du courant d'oscillation.....	111
10.4	Exigences pour la protection contre les surtensions.....	111
10.5	Limitations de tension durant les défauts du réseau.....	111
10.5.1	Généralités.....	111
10.5.2	Limitation de tension lorsque l'inductance entre le dispositif primaire de protection contre les surtensions et les condensateurs n'est pas significative.....	112
10.5.3	Limitation de tension lorsque l'inductance entre le dispositif primaire de protection contre les surtensions et les condensateurs est significative.....	112
10.6	Dispositifs de protection et de commutation.....	113
10.6.1	Coupe-circuit des condensateurs.....	113
10.6.2	Autres dispositifs.....	113
10.6.3	Schémas de connexion.....	113
10.7	Choix du niveau d'isolement.....	113
10.7.1	Cas normaux.....	113

10.7.2	Altitude supérieure à 1 000 m	113
10.8	Correction de longue ligne	114
10.9	Autres considérations sur les applications.....	115
10.9.1	Généralités	115
10.9.2	Ferrorésonance	115
10.9.3	Résonance hyposynchrone	115
10.9.4	Protection du réseau au moyen de relais	116
10.9.5	Affaiblissement de la transmission des courants porteurs	116
10.9.6	Lignes de transmission non transposées	116
10.9.7	Courants harmoniques du réseau	117
10.9.8	TTR aux bornes des disjoncteurs de ligne	117
10.9.9	Croisement nul du courant de ligne retardé	117
10.9.10	Courant d'arc secondaire prolongé	117
Annexe A (normative) Exigences d'essai et guide d'application pour coupe-circuit externes et unités à protéger par coupe-circuit externes		
A.1	Vue d'ensemble	119
A.2	Objectifs	119
A.3	Termes utilisés dans l'Annexe A	119
A.4	Exigences relatives au fonctionnement	119
A.5	Essais.....	120
A.5.1	Essais de coupe-circuit.....	120
A.5.2	Essais de type sur la cuve du condensateur	120
A.6	Guide pour la coordination de la protection par coupe-circuit.....	120
A.6.1	Généralités	120
A.6.2	Séquence de protection	120
A.7	Choix des coupe-circuit.....	121
A.7.1	Généralités	121
A.7.2	Coupe-circuit non-limiteurs de courant.....	121
A.7.3	Coupe-circuit limiteurs de courant.....	121
A.8	Informations nécessaires à l'utilisateur de coupe-circuit.....	122
Annexe B (informative) Évaluation économique des pertes d'une batterie de condensateurs série.....		
123		
Annexe C (informative) Coupe-circuit de batterie de condensateurs et configuration de condensateurs unitaires		
124		
C.1	Généralités	124
C.2	Batterie de condensateurs avec coupe-circuit interne	124
C.3	Batterie de condensateurs avec coupe-circuit externe.....	124
C.4	Batterie de condensateurs sans coupe-circuit	125
Annexe D (informative) Exemples de schémas de connexion typique pour de grandes installations de condensateurs série pour lignes de transmission.....		
127		
Annexe E (informative) Précautions à prendre pour éviter la pollution de l'environnement par les polychlorobiphényles		
128		
Bibliographie.....		
129		
Figure 1 – Nomenclature typique d'une installation de condensateurs série		
75		
Figure 2 – Classification des dispositifs de protection contre les surtensions		
80		
Figure 3 – Limites de temps et d'amplitude d'une forme d'onde pour la période de surtension.....		
88		

Figure 4 – Distance dans l’air en fonction de la tension alternative de tenue à fréquence industrielle.....	102
Figure 5 – Représentation du courant-temps typique d’une batterie de condensateurs série insérée sur un réseau après le défaut et l’élimination d’une ligne en parallèle	109
Figure C.1 – Connexions typiques entre condensateurs unitaires dans un segment ou une phase.....	126
Figure C.2 – Connexions typiques entre éléments au sein d’un condensateur unitaire	126
Figure D.1 – Schémas pour des batteries plus petites.....	127
Tableau 1 – Symboles littéraux de la limite supérieure de la plage de températures	78
Tableau 2 – Température de l’air ambiant pour l’essai de stabilité thermique	85
Tableau 3 – Niveaux d’isolement normalisés pour la gamme I ($1 \text{ kV} < U_m \leq 245 \text{ kV}$)	93
Tableau 4 – Niveaux d’isolement normalisés pour la gamme II ($U_m > 245 \text{ kV}$) (1 de 2)	94
Tableau 5 – Niveaux d’isolement typiques pour les isolateurs entre plate-forme et terre (1 de 2).....	96
Tableau 6 – Lignes de fuite spécifiques	98
Tableau 7 – Relation entre les tensions normalisées de tenue au choc de foudre et les distances dans l’air minimales	100
Tableau 8 – Relation entre les tensions normalisées de tenue au choc de manœuvre et les distances dans l’air phase-terre minimales	101
Tableau 9 – Relation entre les tensions normalisées de tenue au choc de manœuvre et les distances dans l’air entre phases minimales	101
Tableau 10 – Caractéristiques typiques du courant de surcharge et d’oscillation d’une batterie	110

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

CONDENSATEURS SÉRIE DESTINÉS À ÊTRE INSTALLÉS SUR DES RÉSEAUX –

Partie 1: Généralités

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. À cet effet, l'IEC – 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 l'IEC"). 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 l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC 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 l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC 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 l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) L'IEC elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de l'IEC. L'IEC n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 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 l'IEC, 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 l'IEC, 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 l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, 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 l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

Cette version consolidée de la Norme IEC officielle et de son amendement a été préparée pour la commodité de l'utilisateur.

L'IEC 60143-1 édition 5.1 contient la cinquième édition (2015-06) [documents 33/578/FDIS et 33/580/RVD], son corrigendum (2017-04), et son amendement 1 (2023-11) [documents 33/690/CDV et 33/693/RVC].

Dans cette version Redline, une ligne verticale dans la marge indique où le contenu technique est modifié par l'amendement 1. Les ajouts sont en vert, les suppressions sont en rouge, barrées. Une version Finale avec toutes les modifications acceptées est disponible dans cette publication.

IEC 60143-1:2015+AMD1:2023 CSV – 69 –
© IEC 2023

La Norme internationale IEC 60143-1 a été établie par le comité d'études 33 de l'IEC: Condensateurs de puissance et leurs applications.

Cette cinquième édition constitue une révision technique.

La modification majeure par rapport à la précédente édition concerne le fait que l'essai d'endurance a été remplacé par un essai de vieillissement dans la mesure où les cycles de fonctionnement en tension sont déjà réalisés au cours de l'essai de tenue au froid. La section guide a été étendue pour couvrir la correction de longue ligne et la correction d'altitude. De plus, les tableaux relatifs aux niveaux d'isolement et les références à d'autres normes ont été mis à jour.

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

Une liste de toutes les parties de la série IEC 60143, publiées sous le titre général *Condensateurs série destinés à être installés sur des réseaux*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

Le comité a décidé que le contenu de ce document et de son amendement ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous webstore.iec.ch dans les données relatives au document recherché. À cette date, le document sera

- reconduit,
- supprimé,
- remplacé par une édition révisée, ou
- amendé.

IMPORTANT – Le logo "colour inside" qui se trouve sur la page de couverture de cette publication indique qu'elle contient des couleurs qui sont considérées comme utiles à une bonne compréhension de son contenu. Les utilisateurs devraient, par conséquent, imprimer cette publication en utilisant une imprimante couleur.

CONDENSATEURS SÉRIE DESTINÉS À ÊTRE INSTALLÉS SUR DES RÉSEAUX –

Partie 1: Généralités

1 Domaine d'application et objet

La présente partie de l'IEC 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. La présente norme s'applique à toute la gamme de tensions.

La présente 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 (IEC 60110-1);
- condensateurs pour moteurs et similaires (IEC 60252 – toutes les parties);
- condensateurs destinés à être utilisés dans les circuits électroniques de puissance (IEC 61071);
- condensateurs pour lampes à décharge (IEC 61048 et IEC 61049).

Pour les accessoires normalisés tels que les isolateurs, commutateurs, transformateurs de mesure, coupe-circuit externes, etc., se reporter à la norme IEC correspondante.

NOTE 1 Les exigences complémentaires applicables aux condensateurs à protéger par des coupe-circuit internes ainsi que les exigences applicables à ces coupe-circuit figurent dans l'IEC 60143-3. Voir également l'Annexe C.

NOTE 2 Les exigences complémentaires applicables aux condensateurs à protéger par des coupe-circuit externes, ainsi que les exigences applicables à ces coupe-circuit, figurent dans l'Annexe A et l'Annexe C.

NOTE 3 Une norme séparée pour les accessoires des condensateurs série (éclateurs, varistances, inductances de décharge, inductances d'amortissement et de limitation de courant, résistances d'amortissement, disjoncteurs, etc.), l'IEC 60143-2, a été révisée et publiée en 2012. Une norme séparée pour les coupe-circuit internes pour condensateurs série, l'IEC 60143-3, a été révisée et publiée en 2013.

NOTE 4 Certaines informations concernant les condensateurs unitaires et les batteries de condensateurs sans coupe-circuit figurent dans l'Annexe C.

La présente norme a pour objet:

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

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités en référence de manière normative, en intégralité ou en partie, dans le présent document et sont indispensables pour son application. 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 la présente norme et une norme énumérée ci-dessous, le texte de l'IEC 60143-1 prévaut.

IEC 60050 (toutes les parties), *Vocabulaire Electronique International* (disponible à www.electropedia.org)

IEC 60060-1:2010, *Technique des essais à haute tension – Partie 1: Définitions et exigences générales*

IEC 60071-1:2006, *Coordination de l'isolement – Partie 1: Définitions, principes et règles*

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

IEC 60143-2:2012, *Condensateurs série destinés à être installés sur des réseaux – Partie 2: Matériel de protection pour les batteries de condensateurs série*

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

IEC 60143-4: 2010, *Condensateurs série destinés à être installés sur des réseaux – Partie 4: Condensateurs série commandés par thyristors*

IEC 60549:2013, *Coupe-circuit à fusibles haute tension destinés à la protection externe des condensateurs shunt*

IEC 60871-1: 2014, *Condensateurs shunt pour réseaux à courant alternatif de tension assignée supérieure à 1 000 V – Partie 1: Généralités*

IEC 62271-1:2007, *Appareillage à haute tension – Partie 1: Spécifications communes*

IEEE Std. 693:1997, *IEEE Recommended Practice for Seismic Design of Substations* (disponible en anglais seulement)

FINAL VERSION

VERSION FINALE



**Series capacitors for power systems –
Part 1: General**

**Condensateurs série destinés à être installés sur des réseaux –
Partie 1: Généralités**

CONTENTS

FOREWORD.....	6
1 Scope and object.....	8
2 Normative references	8
3 Terms and definitions	9
4 Service conditions	14
4.1 Normal service conditions	14
4.2 Ambient air temperature categories	15
4.3 Abnormal service conditions	15
4.4 Abnormal power system conditions	16
5 Quality requirements and tests	16
5.1 Test requirements for capacitor units	16
5.1.1 General	16
5.1.2 Test conditions	16
5.1.3 Voltage limits as established by overvoltage protector	16
5.1.4 Determination of protective level voltage U_{pl} and U_{lim}	18
5.2 Classification of tests	18
5.2.1 General	18
5.2.2 Routine tests	18
5.2.3 Type tests.....	18
5.2.4 Special test (ageing test)	19
5.3 Capacitance measurement (routine test).....	19
5.3.1 Measuring procedure	19
5.3.2 Capacitance tolerance	20
5.4 Capacitor loss measurement (routine test).....	20
5.4.1 Measuring procedure	20
5.4.2 Loss requirements	20
5.4.3 Losses in external fuses	21
5.5 Voltage test between terminals (routine test)	21
5.6 AC voltage test between terminals and container (routine test)	21
5.7 Test on internal discharge device (routine test).....	21
5.8 Sealing test (routine test).....	21
5.9 Thermal stability test (type test).....	21
5.9.1 Measuring procedure	21
5.9.2 Capacitor loss measurement	23
5.10 AC voltage test between terminals and container (type test)	23
5.11 Lightning impulse voltage test between terminals and container (type test).....	23
5.12 Cold duty test (type test).....	24
5.13 Discharge current test (type test).....	25
6 Insulation level	26
6.1 Insulation voltages	26
6.1.1 Standard values.....	26
6.1.2 Insulation to earth and between phases.....	26
6.1.3 Insulation levels for insulators and equipment on the platform	26
6.2 Creepage distance.....	33
6.3 Air clearances.....	34
7 Overloads, overvoltages and duty cycles.....	38

7.1	Currents.....	38
7.2	Transient overvoltages.....	38
7.3	Duty cycles.....	39
8	Safety requirements.....	39
8.1	Discharge device.....	39
8.2	Container connection.....	39
8.3	Protection of the environment.....	40
8.4	Other safety requirements.....	40
9	Markings and instruction books.....	40
9.1	Markings of the unit.....	40
9.1.1	Rating plate.....	40
9.1.2	Warning plate.....	41
9.2	Markings of the bank.....	41
9.2.1	Instruction sheet or rating plate.....	41
9.2.2	Warning plate.....	41
9.3	Instruction book.....	41
10	Guide for selection of ratings, installation and operation.....	42
10.1	General.....	42
10.2	Reactance per line, rated reactance per bank and number of modules per bank.....	42
10.2.1	Capacitive reactance per line.....	42
10.2.2	Number of series capacitor banks in a transmission line.....	43
10.2.3	Number of modules in a capacitor bank.....	43
10.2.4	Future requirements for series capacitors.....	44
10.3	Current ratings for the bank.....	44
10.3.1	General.....	44
10.3.2	Typical bank overload and swing current capabilities.....	45
10.3.3	Analysis to determine the continuous and emergency overload current rating.....	46
10.3.4	Analysis to determine the swing current rating.....	46
10.4	Overvoltage protection requirements.....	46
10.5	Voltage limitations during power system faults.....	47
10.5.1	General.....	47
10.5.2	Voltage limitation when the inductance between the primary overvoltage protector and the capacitors is not significant.....	47
10.5.3	Voltage limitation when the inductance between the primary overvoltage protector and the capacitors is significant.....	48
10.6	Protective and switching devices.....	48
10.6.1	Capacitor fusing.....	48
10.6.2	Other devices.....	48
10.6.3	Connection diagrams.....	48
10.7	Choice of insulation level.....	48
10.7.1	Normal cases.....	48
10.7.2	Altitude exceeding 1 000 m.....	48
10.8	Long line correction.....	50
10.9	Other application considerations.....	51
10.9.1	General.....	51
10.9.2	Ferro-resonance.....	51
10.9.3	Sub-synchronous resonance.....	51

10.9.4	Relay protection of the power system	51
10.9.5	Attenuation of carrier-frequency transmission	52
10.9.6	Non-transposed transmission lines	52
10.9.7	Power system harmonic currents	52
10.9.8	TRV across line circuit-breakers	52
10.9.9	Delayed line current zero crossing	53
10.9.10	Prolonged secondary arc current	53
Annex A (normative) Test requirements and application guide for external fuses and units to be externally fused		54
A.1	Overview	54
A.2	Purpose	54
A.3	Terms employed in Annex A	54
A.4	Performance requirements	54
A.5	Tests	55
A.5.1	Tests on fuses	55
A.5.2	Type tests on capacitor container	55
A.6	Guide for coordination of fuse protection	55
A.6.1	General	55
A.6.2	Protection sequence	55
A.7	Choice of fuses	56
A.7.1	General	56
A.7.2	Non current-limiting fuses	56
A.7.3	Current-limiting fuses	56
A.8	Information needed by the user of the fuses	56
Annex B (informative) Economic evaluation of series capacitor bank losses		57
Annex C (informative) Capacitor bank fusing and unit arrangement		58
C.1	General	58
C.2	Internally fused capacitor bank	58
C.3	Externally fused capacitor bank	58
C.4	Fuseless capacitor bank	59
Annex D (informative) Examples of typical connection diagrams for large series capacitor installations for transmission lines		61
Annex E (informative) Precautions to be taken to avoid pollution of the environment by polychlorinated biphenyls		62
Bibliography		63
Figure 1 – Typical nomenclature of a series capacitor installation		12
Figure 2 – Classification of overvoltage protection		17
Figure 3 – Time and amplitude limits for an overvoltage period waveform		25
Figure 4 – Air clearance versus a.c. power frequency withstand voltage		38
Figure 5 – Typical current-time profile of an inserted capacitor bank following the fault and clearing of parallel line		45
Figure C.1 – Typical connections between capacitor units in a segment or phase		59
Figure C.2 – Typical connections between elements within a capacitor unit		60
Figure D.1 – Diagrams for smaller banks		61
Table 1 – Letter symbols for upper limit of temperature range		15

Table 2 – Ambient air temperature in thermal stability test	22
Table 3 – Standard insulation levels for range I ($1 \text{ kV} < U_m \leq 245 \text{ kV}$)	29
Table 4 – Standard insulation levels for range II ($U_m > 245 \text{ kV}$) (1 of 2)	30
Table 5 – Typical insulation levels for platform-to-ground insulators (1 of 2)	32
Table 6 – Specific creepage distances	34
Table 7 – Correlation between standard lightning impulse withstand voltages and minimum air clearances	36
Table 8 – Correlation between standard switching impulse withstand voltages and minimum phase-to-earth air clearances.....	37
Table 9 – Correlation between standard switching impulse withstand voltages and minimum phase-to-phase air clearances	37
Table 10 – Typical bank overload and swing current capabilities.....	45

INTERNATIONAL ÉLECTROTECHNICAL 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 itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 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.

This consolidated version of the official IEC Standard and its amendment has been prepared for user convenience.

IEC 60143-1 edition 5.1 contains the fifth edition (2015-06) [documents 33/578/FDIS and 33/580/RVD], its corrigendum (2017-04), and its amendment 1 (2023-11) [documents 33/690/CDV and 33/693/RVC].

This Final version does not show where the technical content is modified by amendment 1. A separate Redline version with all changes highlighted is available in this publication.

IEC 60143-1:2015+AMD1:2023 CSV – 7 –
© IEC 2023

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

This fifth edition constitutes a technical revision.

The main change with respect to the previous edition is that the endurance test has been replaced by an ageing test because voltage cycling is already performed in the cold duty test. The guide section has been expanded regarding long line correction and altitude correction. In addition the insulation tables and references to other standards have been updated.

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

A list of all parts in the IEC 60143 series, published under the general title *Series capacitors for power systems*, can be found on the IEC website.

The committee has decided that the contents of this document and its amendment will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC website under webstore.iec.ch in the data related to the specific document. At this date, the document will be

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

IMPORTANT – The 'colour inside' logo on the cover page of this publication indicates that it contains colours which are considered to be useful for the correct understanding of its contents. Users should therefore print this document using a colour printer.

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 (all parts));
- capacitors to be used in power electronics circuits (IEC 61071);
- capacitors for discharge lamps (IEC 61048 and IEC 61049).

For standard types of accessories such as insulators, switches, instrument transformers, external fuses, etc. see 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. See also Annex C.

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 and Annex C.

NOTE 3 A separate standard for series capacitor accessories (spark-gaps, varistors, discharge reactors, current-limiting damping reactors, damping resistors, circuit-breakers, etc.), IEC 60143-2, has been revised and was completed in 2012. A separate standard for internal fuses for series capacitors, IEC 60143-3 has been revised and was completed in 2013.

NOTE 4 Some information regarding fuseless capacitor units and fuseless capacitor banks is found in Annex C.

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 Normative references

The following documents, in whole or in part, are normatively referenced in this document and are indispensable for its application. 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 text of IEC 60143-1 prevails.

IEC 60143-1:2015+AMD1:2023 CSV – 9 –

© IEC 2023

IEC 60050 (all parts), *International Electrotechnical Vocabulary* (available at www.electropedia.org)

IEC 60060-1:2010, *High-voltage test techniques – Part 1: General definitions and test requirements*

IEC 60071-1:2006, *Insulation co-ordination – Part 1: Definitions, principles and rules*

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

IEC 60143-2:2012, *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 60143-4: 2010 *Series capacitors for power systems – Part 4: Thyristor controlled series capacitors*

IEC 60549:2013, *High-voltage fuses for the external protection of shunt capacitors*

IEC 60871-1: 2014 *Shunt capacitors for a.c power systems having a rated voltage above 1000V – Part 1: General*

IEC 62271-1:2007, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 1: Common specifications*

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

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	68
1 Domaine d'application et objet	70
2 Références normatives	71
3 Termes et définitions	71
4 Conditions de service	78
4.1 Conditions normales de service	78
4.2 Catégories de températures de l'air ambiant	78
4.3 Conditions de service inhabituelles	79
4.4 Conditions de fonctionnement anormales du réseau	79
5 Exigences de qualité et essais	79
5.1 Exigences relatives aux essais des condensateurs unitaires	79
5.1.1 Généralités	79
5.1.2 Conditions d'essai	79
5.1.3 Limites de tension en relation avec le dispositif de protection contre les surtensions	80
5.1.4 Détermination de la tension du niveau de protection U_{pl} et U_{lim}	81
5.2 Classification des essais	81
5.2.1 Généralités	81
5.2.2 Essais individuels	82
5.2.3 Essais de type	82
5.2.4 Essai spécial (essai de vieillissement)	82
5.3 Mesurage de la capacité (essai individuel)	83
5.3.1 Modalité de mesure	83
5.3.2 Tolérances sur la capacité	83
5.4 Mesurage des pertes du condensateur (essai individuel)	83
5.4.1 Modalité de mesure	83
5.4.2 Exigences relatives aux pertes	84
5.4.3 Pertes dans les coupe-circuit externes	84
5.5 Essai de tenue en tension entre bornes (essai individuel)	84
5.6 Essai diélectrique en tension alternative entre bornes et cuve (essai individuel)	84
5.7 Essai du dispositif interne de décharge (essai individuel)	85
5.8 Essai d'étanchéité (essai individuel)	85
5.9 Essai de stabilité thermique (essai de type)	85
5.9.1 Modalités de mesure	85
5.9.2 Mesurage des pertes du condensateur	86
5.10 Essai diélectrique en tension alternative entre bornes et cuve (essai de type)	86
5.11 Essai de tension de choc de foudre entre bornes et cuve (essai de type)	87
5.12 Essai de tenue au froid (essai de type)	87
5.13 Essai de courant de décharge (essai de type)	88
6 Niveau d'isolement	89
6.1 Tensions d'isolement	89
6.1.1 Valeurs normalisées	89
6.1.2 Isolement par rapport à la terre et entre les phases	90
6.1.3 Niveaux d'isolement pour les isolateurs et l'équipement sur la plate- forme	90
6.2 Ligne de fuite	97

6.3	Distances dans l'air.....	98
7	Surcharges, surtensions et cycles de fonctionnement.....	102
7.1	Courants.....	102
7.2	Surtensions transitoires.....	102
7.3	Cycles de fonctionnement.....	103
8	Exigences de sécurité.....	103
8.1	Dispositif de décharge.....	103
8.2	Connexions de cuve.....	104
8.3	Protection de l'environnement.....	104
8.4	Autres exigences de sécurité.....	104
9	Marquage et manuels d'instructions.....	104
9.1	Marquage des condensateurs unitaires.....	104
9.1.1	Plaque signalétique.....	104
9.1.2	Plaque d'avertissement.....	105
9.2	Marquage des batteries de condensateurs.....	105
9.2.1	Notice d'instructions ou plaque signalétique.....	105
9.2.2	Plaque d'avertissement.....	106
9.3	Manuel d'instructions.....	106
10	Guide pour la sélection des caractéristiques assignées et pour l'installation et l'exploitation.....	106
10.1	Généralités.....	106
10.2	Réactance par ligne, réactance assignée par batterie et nombre de modules par batterie.....	107
10.2.1	Réactance capacitive par ligne.....	107
10.2.2	Nombre de batteries de condensateurs série sur une ligne de transmission.....	108
10.2.3	Nombre de modules d'une batterie de condensateurs.....	108
10.2.4	Exigences futures pour les condensateurs série.....	108
10.3	Caractéristiques assignées de courant pour la batterie.....	109
10.3.1	Généralités.....	109
10.3.2	Surcharge typique d'une batterie et caractéristiques du courant d'oscillation.....	109
10.3.3	Analyse pour déterminer les caractéristiques assignées du courant permanent et de surcharge exceptionnelle.....	110
10.3.4	Analyse pour déterminer la caractéristique assignée du courant d'oscillation.....	111
10.4	Exigences pour la protection contre les surtensions.....	111
10.5	Limitations de tension durant les défauts du réseau.....	111
10.5.1	Généralités.....	111
10.5.2	Limitation de tension lorsque l'inductance entre le dispositif primaire de protection contre les surtensions et les condensateurs n'est pas significative.....	112
10.5.3	Limitation de tension lorsque l'inductance entre le dispositif primaire de protection contre les surtensions et les condensateurs est significative.....	112
10.6	Dispositifs de protection et de commutation.....	113
10.6.1	Coupe-circuit des condensateurs.....	113
10.6.2	Autres dispositifs.....	113
10.6.3	Schémas de connexion.....	113
10.7	Choix du niveau d'isolement.....	113
10.7.1	Cas normaux.....	113

10.7.2	Altitude supérieure à 1 000 m	113
10.8	Correction de longue ligne	114
10.9	Autres considérations sur les applications.....	115
10.9.1	Généralités	115
10.9.2	Ferrorésonance	115
10.9.3	Résonance hyposynchrone	115
10.9.4	Protection du réseau au moyen de relais	116
10.9.5	Affaiblissement de la transmission des courants porteurs	116
10.9.6	Lignes de transmission non transposées	116
10.9.7	Courants harmoniques du réseau	116
10.9.8	TTR aux bornes des disjoncteurs de ligne	117
10.9.9	Croisement nul du courant de ligne retardé	117
10.9.10	Courant d'arc secondaire prolongé	117
Annexe A (normative) Exigences d'essai et guide d'application pour coupe-circuit externes et unités à protéger par coupe-circuit externes		
A.1	Vue d'ensemble	118
A.2	Objectifs	118
A.3	Termes utilisés dans l'Annexe A	118
A.4	Exigences relatives au fonctionnement	118
A.5	Essais.....	119
A.5.1	Essais de coupe-circuit.....	119
A.5.2	Essais de type sur la cuve du condensateur	119
A.6	Guide pour la coordination de la protection par coupe-circuit.....	119
A.6.1	Généralités	119
A.6.2	Séquence de protection	119
A.7	Choix des coupe-circuit.....	120
A.7.1	Généralités	120
A.7.2	Coupe-circuit non-limiteurs de courant.....	120
A.7.3	Coupe-circuit limiteurs de courant.....	120
A.8	Informations nécessaires à l'utilisateur de coupe-circuit.....	121
Annexe B (informative) Évaluation économique des pertes d'une batterie de condensateurs série.....		
Annexe C (informative) Coupe-circuit de batterie de condensateurs et configuration de condensateurs unitaires		
C.1	Généralités	123
C.2	Batterie de condensateurs avec coupe-circuit interne	123
C.3	Batterie de condensateurs avec coupe-circuit externe.....	123
C.4	Batterie de condensateurs sans coupe-circuit	124
Annexe D (informative) Exemples de schémas de connexion typique pour de grandes installations de condensateurs série pour lignes de transmission.....		
Annexe E (informative) Précautions à prendre pour éviter la pollution de l'environnement par les polychlorobiphényles		
Bibliographie.....		
Figure 1 – Nomenclature typique d'une installation de condensateurs série		
Figure 2 – Classification des dispositifs de protection contre les surtensions		
Figure 3 – Limites de temps et d'amplitude d'une forme d'onde pour la période de surtension.....		

Figure 4 – Distance dans l’air en fonction de la tension alternative de tenue à fréquence industrielle.....	102
Figure 5 – Représentation du courant-temps typique d’une batterie de condensateurs série insérée sur un réseau après le défaut et l’élimination d’une ligne en parallèle	109
Figure C.1 – Connexions typiques entre condensateurs unitaires dans un segment ou une phase.....	125
Figure C.2 – Connexions typiques entre éléments au sein d’un condensateur unitaire	125
Figure D.1 – Schémas pour des batteries plus petites.....	126
Tableau 1 – Symboles littéraux de la limite supérieure de la plage de températures	78
Tableau 2 – Température de l’air ambiant pour l’essai de stabilité thermique	85
Tableau 3 – Niveaux d’isolement normalisés pour la gamme I ($1 \text{ kV} < U_m \leq 245 \text{ kV}$)	93
Tableau 4 – Niveaux d’isolement normalisés pour la gamme II ($U_m > 245 \text{ kV}$) (1 de 2).....	94
Tableau 5 – Niveaux d’isolement typiques pour les isolateurs entre plate-forme et terre (1 de 2).....	96
Tableau 6 – Lignes de fuite spécifiques	98
Tableau 7 – Relation entre les tensions normalisées de tenue au choc de foudre et les distances dans l’air minimales	100
Tableau 8 – Relation entre les tensions normalisées de tenue au choc de manœuvre et les distances dans l’air phase-terre minimales	101
Tableau 9 – Relation entre les tensions normalisées de tenue au choc de manœuvre et les distances dans l’air entre phases minimales	101
Tableau 10 – Caractéristiques typiques du courant de surcharge et d’oscillation d’une batterie	110

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

CONDENSATEURS SÉRIE DESTINÉS À ÊTRE INSTALLÉS SUR DES RÉSEAUX –

Partie 1: Généralités

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. À cet effet, l'IEC – 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 l'IEC"). 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 l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC 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 l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC 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 l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) L'IEC elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de l'IEC. L'IEC n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 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 l'IEC, 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 l'IEC, 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 l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, 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 l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

Cette version consolidée de la Norme IEC officielle et de son amendement a été préparée pour la commodité de l'utilisateur.

L'IEC 60143-1 édition 5.1 contient la cinquième édition (2015-06) [documents 33/578/FDIS et 33/580/RVD], son corrigendum (2017-04), et son amendement 1 (2023-11) [documents 33/690/CDV et 33/693/RVC].

Cette version Finale ne montre pas les modifications apportées au contenu technique par l'amendement 1. Une version Redline montrant toutes les modifications est disponible dans cette publication.

IEC 60143-1:2015+AMD1:2023 CSV – 69 –
© IEC 2023

La Norme internationale IEC 60143-1 a été établie par le comité d'études 33 de l'IEC: Condensateurs de puissance et leurs applications.

Cette cinquième édition constitue une révision technique.

La modification majeure par rapport à la précédente édition concerne le fait que l'essai d'endurance a été remplacé par un essai de vieillissement dans la mesure où les cycles de fonctionnement en tension sont déjà réalisés au cours de l'essai de tenue au froid. La section guide a été étendue pour couvrir la correction de longue ligne et la correction d'altitude. De plus, les tableaux relatifs aux niveaux d'isolement et les références à d'autres normes ont été mis à jour.

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

Une liste de toutes les parties de la série IEC 60143, publiées sous le titre général *Condensateurs série destinés à être installés sur des réseaux*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

Le comité a décidé que le contenu de ce document et de son amendement ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous webstore.iec.ch dans les données relatives au document recherché. À cette date, le document sera

- reconduit,
- supprimé,
- remplacé par une édition révisée, ou
- amendé.

IMPORTANT – Le logo "colour inside" qui se trouve sur la page de couverture de cette publication indique qu'elle contient des couleurs qui sont considérées comme utiles à une bonne compréhension de son contenu. Les utilisateurs devraient, par conséquent, imprimer cette publication en utilisant une imprimante couleur.

CONDENSATEURS SÉRIE DESTINÉS À ÊTRE INSTALLÉS SUR DES RÉSEAUX –

Partie 1: Généralités

1 Domaine d'application et objet

La présente partie de l'IEC 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. La présente norme s'applique à toute la gamme de tensions.

La présente 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 (IEC 60110-1);
- condensateurs pour moteurs et similaires (IEC 60252 – toutes les parties);
- condensateurs destinés à être utilisés dans les circuits électroniques de puissance (IEC 61071);
- condensateurs pour lampes à décharge (IEC 61048 et IEC 61049).

Pour les accessoires normalisés tels que les isolateurs, commutateurs, transformateurs de mesure, coupe-circuit externes, etc., se reporter à la norme IEC correspondante.

NOTE 1 Les exigences complémentaires applicables aux condensateurs à protéger par des coupe-circuit internes ainsi que les exigences applicables à ces coupe-circuit figurent dans l'IEC 60143-3. Voir également l'Annexe C.

NOTE 2 Les exigences complémentaires applicables aux condensateurs à protéger par des coupe-circuit externes, ainsi que les exigences applicables à ces coupe-circuit, figurent dans l'Annexe A et l'Annexe C.

NOTE 3 Une norme séparée pour les accessoires des condensateurs série (éclateurs, varistances, inductances de décharge, inductances d'amortissement et de limitation de courant, résistances d'amortissement, disjoncteurs, etc.), l'IEC 60143-2, a été révisée et publiée en 2012. Une norme séparée pour les coupe-circuit internes pour condensateurs série, l'IEC 60143-3, a été révisée et publiée en 2013.

NOTE 4 Certaines informations concernant les condensateurs unitaires et les batteries de condensateurs sans coupe-circuit figurent dans l'Annexe C.

La présente norme a pour objet:

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

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités en référence de manière normative, en intégralité ou en partie, dans le présent document et sont indispensables pour son application. 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 la présente norme et une norme énumérée ci-dessous, le texte de l'IEC 60143-1 prévaut.

IEC 60050 (toutes les parties), *Vocabulaire Electronique International* (disponible à www.electropedia.org)

IEC 60060-1:2010, *Technique des essais à haute tension – Partie 1: Définitions et exigences générales*

IEC 60071-1:2006, *Coordination de l'isolement – Partie 1: Définitions, principes et règles*

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

IEC 60143-2:2012, *Condensateurs série destinés à être installés sur des réseaux – Partie 2: Matériel de protection pour les batteries de condensateurs série*

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

IEC 60143-4: 2010, *Condensateurs série destinés à être installés sur des réseaux – Partie 4: Condensateurs série commandés par thyristors*

IEC 60549:2013, *Coupe-circuit à fusibles haute tension destinés à la protection externe des condensateurs shunt*

IEC 60871-1: 2014, *Condensateurs shunt pour réseaux à courant alternatif de tension assignée supérieure à 1 000 V – Partie 1: Généralités*

IEC 62271-1:2007, *Appareillage à haute tension – Partie 1: Spécifications communes*

IEEE Std. 693:1997, *IEEE Recommended Practice for Seismic Design of Substations* (disponible en anglais seulement)