IEC 60143-1

Edition 5.1 2023-11
CONSOLIDATED VERSION

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

colour inside

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.

® Registered trademark of the International Electrotechnical Commission
Marque déposée de la Commission Electrotechnique Internationale

IEC 60143-1

Edition 5.1 2023-11
CONSOLIDATED VERSION

REDLINE VERSION

VERSION REDLINE

colour inside

Series capacitors for power systems – Part 1: General

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



IEC 60143-1:2015-06+AMD1:2023-11 CSV(en-fr)

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 kV < U_m ≤ 245 kV) 29
Table 4 – Standard insulation levels for range II (U_m > 245 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.

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.

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 119
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 kV < U_m ≤ 245 kV) 93

Tableau 4 – Niveaux d'isolement normalisés pour la gamme II (U_m > 245 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.

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)

IEC 60143-1

Edition 5.1 2023-11
CONSOLIDATED VERSION

FINAL VERSION

VERSION FINALE

colour inside

Series capacitors for power systems – Part 1: General

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



IEC 60143-1:2015-06+AMD1:2023-11 CSV(en-fr)

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 kV < U_m ≤ 245 kV) 29
Table 4 – Standard insulation levels for range II (U_m > 245 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.

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 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 118
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 122
Annexe C (informative) Coupe-circuit de batterie de condensateurs et configuration de condensateurs unitaires 123
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 126
Annexe E (informative) Précautions à prendre pour éviter la pollution de l'environnement par les polychlorobiphényles 127
Bibliographie 128

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 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 kV < U_m ≤ 245 kV) 93

Tableau 4 – Niveaux d'isolement normalisés pour la gamme II (U_m > 245 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.

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)