IEC 60143-4

Edition 2.0 2023-12

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

colour inside

Series capacitors for power systems – Part 4: Thyristor controlled series capacitors

Condensateurs série destinés à être installés sur des réseaux – Partie 4: Condensateurs série commandés par thyristors

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

COMMISSION ELECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

ICS 29.240.99, 31.060.70

ISBN 978-2-8322-8029-4

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

CONTENTS

FOREWORD 5
1 Scope 7
2 Normative references 7
3 Terms, definitions and abbreviated terms 8
3.1 Terms and definitions 8
3.2 Abbreviated terms 11
4 Operating and rating considerations 11
4.1 General 11
4.2 TCSC characteristics 14
4.3 Operating range 15
4.4 Reactive power rating 16
4.5 Power oscillation damping (POD) 16
4.6 SSR mitigation 16
4.7 Harmonics 17
4.8 Control interactions between TCSCs in parallel lines 17
4.9 Operating range, overvoltages and duty cycles 17
4.9.1 Operating range 17
4.9.2 Transient overvoltages 18
4.9.3 Duty cycles 18
5 Valve control 18
5.1 Triggering system 18
5.2 System aspects 19
5.3 Normal operating conditions 19
5.4 Valve firing during system faults 20
5.5 Actions at low line current 20
5.6 Monitoring 20
6 Ratings 20
6.1 General 20
6.2 Capacitor rating 21
6.3 Reactor rating 21
6.4 Thyristor valve rating 21
6.4.1 General 21
6.4.2 Current capability 21
6.4.3 Voltage capability 22
6.5 Varistor rating 24
6.6 Insulation level and creepage distance 25
7 Tests 25
7.1 General 25
7.2 Test of the capacitor 25
7.2.1 General 25
7.2.2 Routine tests 25
7.2.3 Type tests 26
7.2.4 Special test (ageing test) 26
7.3 Tests of the TCSC reactor 26
7.3.1 General 26
7.3.2 Routine tests 26

7.3.3 Type tests 27
7.3.4 Special tests 27
7.4 Tests of thyristor valves 27
7.4.1 General 27
7.4.2 Routine tests 27
7.4.3 Type tests 28
7.5 Tests of protection and control system 28
7.5.1 General 28
7.5.2 Routine tests 28
7.5.3 Type tests 29
7.5.4 Special tests − Hardware-in-the-loop (HIL) tests 29
8 Guidance for selection of rating and operation 30
8.1 General 30
8.2 Thyristor controlled series capacitor 31
8.2.1 AC transmission system 31
8.2.2 TCSC operational objectives 32
8.2.3 TCSC ratings 32
8.3 Thyristor valves 34
8.4 Capacitors and reactors 34
8.4.1 General 34
8.4.2 Capacitor considerations 34
8.4.3 Reactor considerations 34
8.5 Fault duty cycles for varistor rating 35
8.6 Valve cooling system 36
8.7 TCSC control and protection 36
8.7.1 General 36
8.7.2 Control 37
8.7.3 Protection 39
8.7.4 Monitoring and recording 39
8.8 Precommissioning and commissioning tests 40
8.8.1 General 40
8.8.2 Pre-commissioning tests 40
8.8.3 Station tests 41
Bibliography 43

Figure 1 – Typical nomenclature of a TCSC installation 12
Figure 2 – TCSC subsegment 13
Figure 3 – TCSC steady state waveforms for control angle α and conduction interval σ 14
Figure 4 – TCSC apparent reactance characteristics according to Formula (1), with λ = 2,5 15
Figure 5 – Example of TCSC operating range for POD (left) and SSR mitigation (right) 15
Figure 6 – Valve base electronics (VBE) 18
Figure 7 – Valve electronics (VE) 19
Figure 8 – Thyristor valve voltage in a TCSC 23
Figure 9 – Typical block diagram of a real time TCSC protection and control system simulation environment 30
Figure 10 – Example of operating range diagram for TCSC 33

Table 1 – Peak and RMS voltage relationships 13
Table 2 – Typical external fault duty cycle with unsuccessful high speed auto-reclosing 35
Table 3 – Typical duty cycle for internal fault with successful high speed auto-reclosing 35
Table 4 – Typical duty cycle for internal fault with unsuccessful high speed auto-reclosing 36

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

_____

SERIES CAPACITORS FOR POWER SYSTEMS –

Part 4: Thyristor controlled series capacitors

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) IEC draws attention to the possibility that the implementation of this document may involve the use of (a) patent(s). IEC takes no position concerning the evidence, validity or applicability of any claimed patent rights in respect thereof. As of the date of publication of this document, IEC had not received notice of (a) patent(s), which may be required to implement this document. However, implementers are cautioned that this may not represent the latest information, which may be obtained from the patent database available at https://patents.iec.ch. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

IEC 60143-4 has been prepared by IEC technical committee 33: Power capacitors and their applications. It is an International Standard.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 2010. This edition constitutes a technical revision.

This edition includes the following significant technical changes with respect to the previous edition:

a) thyristor valve testing requirements refer to IEC 62823;
b) Formula (1) in Subclause 4.2 has been corrected;
c) Hardware-in-the-loop (HIL) tests, Subclause 7.5.4, replaces previously specified real time protection and control system test with network simulator.

The text of this International Standard is based on the following documents:

Draft	Report on voting
33/696/FDIS	33/702/RVD

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

The language used for the development of this International Standard is English.

This part of IEC 60143 is to be used in conjunction with the following standards:

– IEC 60143-1:2015,

– IEC 60143-2:2012,

– IEC 60143-3:2015.

This document was drafted in accordance with ISO/IEC Directives, Part 2, and developed in accordance with ISO/IEC Directives, Part 1 and ISO/IEC Directives, IEC Supplement, available at www.iec.ch/members_experts/refdocs. The main document types developed by IEC are described in greater detail at www.iec.ch/publications.

A list of all parts of IEC 60143 series, 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 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, or
- revised.

IMPORTANT – The "colour inside" logo on the cover page of this document 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 4: Thyristor controlled series capacitors

1 Scope

This part of IEC 60143 specifies the testing of thyristor controlled series capacitor (TCSC) installations used in series with transmission lines. This document also addresses issues that consider ratings for TCSC thyristor valve assemblies, capacitors, and reactors as well as TCSC control characteristics, protective features, cooling system and system operation.

2 Normative references

The following documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

NOTE If there is a conflict between this part of IEC 60143 and a standard listed below in Clause 2, this document prevails.

IEC 60050-436, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 436: Power capacitors*

IEC 60068-2-2, *Environmental testing – Part 2-2: Tests – Tests B: Dry heat*

IEC 60068-2-78, *Environmental testing – Part 2-78: Tests – Test Cab: Damp heat, steady state*

IEC 60076-1, *Power transformers – Part 1: General*

IEC 60076-6:2007, *Power transformers – Part 6: Reactors*

IEC 60143-1:2015, *Series capacitors for power systems – Part 1: General*

IEC 60143-2:2012, *Series capacitors for power systems – Part 2: Protective equipment for series capacitor banks*

IEC 60143-3:2015, *Series capacitors for power systems – Part 3: Internal fuses*

IEC 60255-21 (all parts), *Electrical relays – Vibration, shock, bump and seismic tests on measuring relays and protection equipment*

IEC 60255-27, *Measuring relays and protection equipment − Part 27: Product safety requirements*

IEC 61000-4 (all parts), *Electromagnetic compatibility (EMC) − Part 4: Testing and measurement techniques*

IEC 61000-4-11, *Electromagnetic compatibility (EMC) − Part 4-11: Testing and measurement techniques − Voltage dips, short interruptions and voltage variations immunity tests for equipment with input current up to 16 A per phase*

IEC 61000-4-29, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-29: Testing and measurement techniques – Voltage dips, short interruptions and voltage variations on d.c. input port immunity tests*

IEC 62823:2015, *Thyristor valves for thyristor controlled series capacitors (TCSC) – Electrical testing*
IEC 62823:2015/AMD1:2019

NOTE Additional useful references, not explicitly referenced in the text, are listed in the Bibliography.

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS 47
1 Domaine d'application 49
2 Références normatives 49
3 Termes, définitions et abréviations 50
3.1 Termes et définitions 50
3.2 Abréviations 53
4 Facteurs liés au fonctionnement et aux caractéristiques assignées 54
4.1 Généralités 54
4.2 Caractéristiques du CSCT 57
4.3 Plage de fonctionnement 58
4.4 Caractéristique assignée de la puissance réactive 59
4.5 Amortissement des oscillations de puissance (POD) 60
4.6 Réduction de la SSR 60
4.7 Harmoniques 60
4.8 Interactions de commande entre CSCT sur des lignes parallèles 61
4.9 Plage de fonctionnement, surtensions et cycles de service 61
4.9.1 Plage de fonctionnement 61
4.9.2 Surtensions transitoires 61
4.9.3 Cycles de service 61
5 Commande de la valve 62
5.1 Système de déclenchement 62
5.2 Aspects du système 63
5.3 Conditions de fonctionnement normal 63
5.4 Allumage de la valve lors de défauts du réseau 63
5.5 Actions à faible courant de ligne 63
5.6 Surveillance 64
6 Caractéristiques assignées 64
6.1 Généralités 64
6.2 Caractéristique assignée du condensateur 64
6.3 Caractéristique assignée de la bobine d'inductance 64
6.4 Caractéristique assignée de la valve à thyristors 64
6.4.1 Généralités 64
6.4.2 Courant admissible 65
6.4.3 Tension admissible 66
6.5 Caractéristique assignée de la varistance 68
6.6 Niveau d'isolement et ligne de fuite 69
7 Essais 69
7.1 Généralités 69
7.2 Essai du condensateur 69
7.2.1 Généralités 69
7.2.2 Essais individuels 69
7.2.3 Essais de type 70
7.2.4 Essai spécial (essai de vieillissement) 70
7.3 Essais de la bobine d'inductance du CSCT 70
7.3.1 Généralités 70
7.3.2 Essais individuels 70

7.3.3 Essais de type 71
7.3.4 Essais spéciaux 71
7.4 Essais des valves à thyristors 71
7.4.1 Généralités 71
7.4.2 Essais individuels 71
7.4.3 Essais de type 72
7.5 Essais du système de protection et de commande 72
7.5.1 Généralités 72
7.5.2 Essais individuels 73
7.5.3 Essais de type 73
7.5.4 Essais spéciaux − Essais dans la boucle du matériel (HIL) 73
8 Recommandations pour le choix des caractéristiques assignées et pour le fonctionnement 74
8.1 Généralités 74
8.2 Condensateur série commandé par thyristors 76
8.2.1 Système de transmission d'énergie en courant alternatif 76
8.2.2 Objectifs opérationnels du CSCT 76
8.2.3 Caractéristiques assignées du CSCT 77
8.3 Valves à thyristors 78
8.4 Condensateurs et bobines d'inductance 78
8.4.1 Généralités 78
8.4.2 Facteurs à considérer pour les condensateurs 79
8.4.3 Facteurs à considérer pour les bobines d'inductance 79
8.5 Cycles de service de défaut pour les caractéristiques assignées de la varistance 79
8.6 Système de refroidissement de la valve 80
8.7 Commande et protection du CSCT 81
8.7.1 Généralités 81
8.7.2 Commande 81
8.7.3 Protection 84
8.7.4 Surveillance et enregistrement 84
8.8 Essais préalables à la mise en service et essais de mise en service 85
8.8.1 Généralités 85
8.8.2 Essais préalables à la mise en service 85
8.8.3 Essais de station 86
Bibliographie 88

Figure 1 – Nomenclature type d'une installation CSCT 55
Figure 2 – Sous-segment CSCT 56
Figure 3 – Formes d'ondes du CSCT en régime établi pour l'angle de commande α et l'intervalle de conduction σ 57
Figure 4 – Caractéristiques de réactance apparente du CSCT conformément à la Formule (1), avec λ = 2,5 58
Figure 5 – Exemple de plage de fonctionnement du CSCT pour le POD (à gauche) et la réduction de la SSR (à droite) 59
Figure 6 – Système de commande électronique de base des valves (VBE) 62
Figure 7 – Système de commande électronique des valves (VE) 62
Figure 8 – Tension de la valve à thyristors dans un CSCT 67

Figure 9 – Schéma fonctionnel type de l'environnement de simulation du système de protection et de commande en temps réel du CSCT 74
Figure 10 – Exemple de diagramme de plage de fonctionnement du CSCT 77

Tableau 1 – Relations entre la tension de crête et la tension efficace 56
Tableau 2 – Cycle de service type pour le défaut externe avec échec de la refermeture automatique rapide 79
Tableau 3 – Cycle de service type pour le défaut interne avec réussite de la refermeture automatique rapide 80
Tableau 4 – Cycle de service type pour le défaut interne avec échec de la refermeture automatique rapide 80

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

_____

CONDENSATEURS SÉRIE DESTINÉS À ÊTRE INSTALLÉS SUR DES RÉSEAUX –

Partie 4: Condensateurs série commandés par thyristors

AVANT-PROPOS

1) La Commission Électrotechnique 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'IEC attire l'attention sur le fait que la mise en application du présent document peut entraîner l'utilisation d'un ou de plusieurs brevets. L'IEC ne prend pas position quant à la preuve, à la validité et à l'applicabilité de tout droit de propriété revendiqué à cet égard. À la date de publication du présent document, l'IEC (avait/n'avait pas) reçu notification qu'un ou plusieurs brevets pouvaient être nécessaires à sa mise en application. Toutefois, il y a lieu d'avertir les responsables de la mise en application du présent document que des informations plus récentes sont susceptibles de figurer dans la base de données de brevets, disponible à l'adresse https://patents.iec.ch. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et averti de leur existence.

L'IEC 60143-4 a été établie par le comité d'études 33 de l'IEC: Condensateurs de puissance et leurs applications. Il s'agit d'une Norme internationale.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition parue en 2010. Cette édition constitue une révision technique.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'édition précédente:

a) les exigences d'essai de la valve à thyristors font référence à l'IEC 62823;

b) la Formule (1) au paragraphe 4.2 a été corrigée;

c) les essais dans la boucle du matériel (HIL, Hardware-In-the-Loop), paragraphe 7.5.4, remplacent l'essai du système de protection et de commande en temps réel spécifié précédemment, réalisé à l'aide d'un simulateur de réseau.

Le texte de cette Norme internationale est issu des documents suivants:

Projet	Rapport de vote
33/696/FDIS	33/702/RVD

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

La langue employée pour l'élaboration de cette Norme internationale est l'anglais.

La présente partie de l'IEC 60143 est à utiliser conjointement avec les normes suivantes:

– IEC 60143-1:2015;

– IEC 60143-2:2012;

– IEC 60143-3:2015.

Le présent document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2, il a été développé selon les Directives ISO/IEC, Partie 1 et les Directives ISO/IEC, Supplément IEC, disponibles sous www.iec.ch/members_experts/refdocs. Les principaux types de documents développés par l'IEC sont décrits plus en détail sous www.iec.ch/publications.

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*, se trouve sur le site web de l'IEC.

Le comité a décidé que le contenu de ce document 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, ou
- révisé.

IMPORTANT – Le logo "colour inside" qui se trouve sur la page de couverture de ce document 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 4: Condensateurs série commandés par thyristors

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 60143 spécifie les essais à réaliser sur les installations de condensateurs série commandés par thyristors (CSCT) utilisées avec les lignes de transmission. Le présent document aborde également les questions liées aux caractéristiques assignées des assemblages de valve à thyristors pour CSCT, des condensateurs et des bobines d'inductance ainsi que les caractéristiques de commande des CSCT, les fonctions de protection, le système de refroidissement et le fonctionnement du système.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

NOTE S'il y a un conflit entre la présente partie de l'IEC 60143 et une norme énumérée ci-dessous à l'Article 2, le présent document prévaut.

IEC 60050-436, *Vocabulaire Électrotechnique International – Chapitre 436: Condensateurs de puissance*

IEC 60068-2-2, *Essais d'environnement – Partie 2-2: Essais – Essai B: Chaleur sèche*

IEC 60068-2-78, *Essais d'environnement – Partie 2-78: Essais – Essai Cab: Chaleur humide, essai continu*

IEC 60076-1, *Transformateurs de puissance – Partie 1: Généralités*

IEC 60076-6:2007, *Transformateurs de puissance – Partie 6: Bobines d'inductance*

IEC 60143-1:2015, *Condensateurs série destinés à être installés sur des réseaux – Partie 1: Généralités*

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 60143-3:2015, *Condensateurs série destinés à être installés sur des réseaux – Partie 3: Fusibles internes*

IEC 60255-21 (toutes les parties), *Relais électriques – Essais de vibrations, de chocs, de secousses et de tenue aux séismes applicables aux relais de mesure et aux dispositifs de protection*

IEC 60255-27, *Relais de mesure et dispositifs de protection – Partie 27: Exigences de sécurité des produits*

IEC 61000-4 (toutes les parties), *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4: Techniques d'essai et de mesure*

IEC 61000-4-11, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-11: Techniques d'essai et de mesure – Essais d'immunité aux creux de tension, coupures brèves et variations de tension pour les appareils à courant d'entrée inférieur ou égal à 16 A par phase*

IEC 61000-4-29, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-29: Techniques d'essai et de mesure – Essais d'immunité aux creux de tension, coupures brèves et variations de tension sur les accès d'alimentation en courant continu*

IEC 62823:2015, *Valves à thyristors pour condensateurs série commandés par thyristors (CSCT) – Essai électrique*
IEC 62823:2015/AMD1:2019

NOTE Des références utiles supplémentaires et non explicitement citées dans le texte sont indiquées dans la Bibliographie.