



# INTERNATIONAL STANDARD

# NORME INTERNATIONALE



**Thyristor valves for thyristor controlled series capacitors (TCSC) – Electrical testing**

**Valves à thyristors pour condensateurs série commandés par thyristors (CSCT) – Essai électrique**

INTERNATIONAL  
ELECTROTECHNICAL  
COMMISSION

COMMISSION  
ELECTROTECHNIQUE  
INTERNATIONALE

ICS 29.240.99

ISBN 978-2-8322-2860-9

**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.**

## CONTENTS

FOREWORD.....	5
1 Scope.....	7
2 Normative references .....	7
3 Terms and definitions .....	7
4 TCSC valve and valve operation in general .....	10
4.1 TCSC installation and TCSC valve.....	10
4.2 TCSC valve current and voltage at capacitive boost operation .....	12
4.2.1 General .....	12
4.2.2 Waveshapes of valve current and voltage in capacitive boost operation .....	12
4.2.3 Formulas for TCSC valve current and voltage stresses calculation .....	13
4.3 Typical operating pattern of TCSC installation .....	15
5 General requirements .....	15
5.1 Guidelines for the performance of type tests .....	15
5.1.1 Evidence in lieu .....	15
5.1.2 Sequence of tests .....	16
5.1.3 Ambient temperature for testing.....	16
5.1.4 Frequency for testing .....	16
5.1.5 Test reports .....	16
5.2 Test conditions for dielectric tests .....	16
5.2.1 General .....	16
5.2.2 Treatment of redundancy in dielectric tests.....	16
5.2.3 Atmospheric correction factor .....	17
5.3 Test conditions for operational tests.....	17
5.3.1 General .....	17
5.3.2 Treatment of redundancy in operational tests .....	17
5.4 Criteria for successful type testing .....	18
5.4.1 General .....	18
5.4.2 Criteria applicable to valve levels .....	18
5.4.3 Criteria applicable to the valve as a whole .....	19
6 Summary of tests.....	19
7 Dielectric tests between valve terminals and valve enclosure .....	20
7.1 Purpose of tests.....	20
7.2 Test object.....	21
7.3 Test requirements .....	21
7.3.1 AC test .....	21
7.3.2 Lightning impulse test.....	22
8 Dielectric tests between valve terminals .....	22
8.1 Purpose of tests.....	22
8.2 Test object.....	22
8.3 Test requirements .....	23
8.3.1 AC test .....	23
8.3.2 Switching impulse test .....	24
9 Periodic firing and extinction tests .....	24
9.1 Purpose of tests.....	24
9.2 Test object.....	24

9.3	Test requirements .....	25
9.3.1	General .....	25
9.3.2	Maximum continuous capacitive boost test .....	25
9.3.3	Maximum temporary capacitive boost test .....	26
9.3.4	Minimum capacitive boost test .....	26
9.3.5	Operation at bypass.....	27
10	Fault current tests .....	29
10.1	Purpose of tests.....	29
10.2	Test object.....	29
10.3	Test requirements .....	29
10.3.1	Fault current without subsequent blocking .....	29
10.3.2	Fault current with subsequent blocking .....	29
11	Test for valve insensitivity to electromagnetic disturbance .....	30
11.1	Purpose of tests.....	30
11.2	Test object.....	30
11.3	Test requirements .....	30
12	Testing of special features.....	30
12.1	Purpose of tests.....	30
12.2	Test object.....	31
12.3	Test requirements .....	31
13	Routine tests .....	31
13.1	General.....	31
13.2	Visual inspection.....	31
13.3	Connection check .....	31
13.4	Voltage grading circuit check .....	31
13.5	Voltage withstand check .....	31
13.6	Partial discharge tests .....	31
13.7	Check of auxiliaries.....	32
13.8	Firing check .....	32
13.9	Cooling system pressure test.....	32
14	Presentation of type test results .....	32
Annex A	(informative) TCSC valve operating and rating considerations .....	33
A.1	Overview.....	33
A.2	TCSC characteristics .....	33
A.3	Operating range.....	34
A.4	Reactive power rating .....	35
A.5	Power oscillation damping (POD).....	35
A.6	SSR mitigation .....	35
A.7	Harmonics .....	36
A.8	Control interactions between TCSCs in parallel lines .....	36
A.9	Operating range, overvoltages and duty cycles .....	36
A.9.1	Operating range.....	36
A.9.2	Transient overvoltages .....	36
A.9.3	Duty cycles.....	37
Annex B	(informative) Valve component fault tolerance.....	38
Bibliography	.....	39

Figure 1 – Typical connection and nomenclature of a TCSC.....	11
Figure 2 – TCSC subsegment .....	11
Figure 3 – TCSC steady state waveforms for control angle $\alpha$ and conduction interval $\sigma$ .....	12
Figure 4 – Thyristor valve voltage in a TCSC .....	13
Figure 5 – Example of operating range diagram for TCSC .....	15
Figure A.1 – TCSC power frequency steady state apparent reactance characteristics according to Formula (A.1) with $\lambda = 2,5$ .....	34
Table 1 – Valve level faults permitted during type tests.....	19
Table 2 – List of tests .....	20
Table A.1 – Peak and RMS voltage relationships .....	33

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

# THYRISTOR VALVES FOR THYRISTOR CONTROLLED SERIES CAPACITORS (TCSC) – ELECTRICAL TESTING

## 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.

International Standard IEC 62823 has been prepared by subcommittee 22F: Power electronics for electrical transmission and distribution systems, of IEC technical committee 22: Power electronic systems and equipment.

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

CDV	Report on voting
22F/342/CDV	22F/354A/RVC

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

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

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC web site under "<http://webstore.iec.ch>" in the data related to the specific publication. At this date, the publication 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.**

## THYRISTOR VALVES FOR THYRISTOR CONTROLLED SERIES CAPACITORS (TCSC) – ELECTRICAL TESTING

### 1 Scope

This International Standard defines routine and type tests on thyristor valves used in thyristor controlled series capacitor (TCSC) installations for AC power transmission.

The tests specified in this International Standard are based on air insulated valves operating in capacitive boost mode or bypass mode. For other types of valve and for a valve operating in inductive boost mode, the test requirements and acceptance criteria are agreed between purchaser and supplier.

### 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.

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

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

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

IEC 60270, *High-voltage test techniques – Partial discharge measurements*

## SOMMAIRE

AVANT-PROPOS .....	43
1 Domaine d'application .....	45
2 Références normatives .....	45
3 Termes et définitions .....	45
4 Valve CSCT et fonctionnement général d'une valve .....	48
4.1 Installation d'un CSCT et valve CSCT .....	48
4.2 Courant et tension de valve CSCT en fonctionnement capacitif amplifié .....	50
4.2.1 Généralités .....	50
4.2.2 Formes d'ondes du courant et de la tension de valve en fonctionnement capacitif amplifié .....	50
4.2.3 Formules pour le calcul des contraintes de courant et de tension d'une valve CSCT .....	51
4.3 Schéma de fonctionnement type d'une installation de CSCT .....	53
5 Exigences générales .....	54
5.1 Lignes directrices relatives à la réalisation des essais de type .....	54
5.1.1 Preuve de remplacement .....	54
5.1.2 Séquence des essais .....	54
5.1.3 Température ambiante pour l'essai .....	54
5.1.4 Fréquence des essais .....	54
5.1.5 Rapports d'essai .....	54
5.2 Conditions d'essai des essais diélectriques .....	54
5.2.1 Généralités .....	54
5.2.2 Traitement de la redondance dans les essais diélectriques .....	55
5.2.3 Facteur de correction atmosphérique .....	55
5.3 Conditions d'essai des essais de fonctionnement .....	55
5.3.1 Généralités .....	55
5.3.2 Traitement de la redondance dans les essais de fonctionnement .....	56
5.4 Critères de réussite des essais de type .....	56
5.4.1 Généralités .....	56
5.4.2 Critères applicables aux niveaux de valve .....	56
5.4.3 Critères applicables à la valve dans son ensemble .....	58
6 Résumé des essais .....	58
7 Essais diélectriques entre les bornes des valves et le boîtier de valve .....	59
7.1 Objectif des essais .....	59
7.2 Objet d'essai .....	59
7.3 Exigences des essais .....	59
7.3.1 Essai en courant alternatif .....	59
7.3.2 Essai de choc de foudre .....	60
8 Essais diélectriques entre les bornes des valves .....	60
8.1 Objectif des essais .....	60
8.2 Objet d'essai .....	61
8.3 Exigences des essais .....	61
8.3.1 Essai en courant alternatif .....	61
8.3.2 Essai de choc de manœuvre .....	62
9 Essais d'allumage et d'extinction périodiques .....	63
9.1 Objectifs des essais .....	63



9.2	Objet d'essai.....	63
9.3	Exigences des essais.....	63
9.3.1	Généralités.....	63
9.3.2	Essai capacitif amplifié continu maximal.....	64
9.3.3	Essai capacitif amplifié temporaire maximal.....	64
9.3.4	Essai capacitif amplifié minimal.....	65
9.3.5	Fonctionnement lors du shuntage.....	66
10	Essais en courant de défaut.....	67
10.1	Objectif des essais.....	67
10.2	Objet d'essai.....	68
10.3	Exigences des essais.....	68
10.3.1	Courant de défaut sans blocage ultérieur.....	68
10.3.2	Courant de défaut avec blocage ultérieur.....	68
11	Essai d'insensibilité des valves aux perturbations électromagnétiques.....	69
11.1	Objectif des essais.....	69
11.2	Objet d'essai.....	69
11.3	Exigences des essais.....	69
12	Essai des caractéristiques spéciales.....	69
12.1	Objectif des essais.....	69
12.2	Objet d'essai.....	70
12.3	Exigences des essais.....	70
13	Essais individuels de série.....	70
13.1	Généralités.....	70
13.2	Examen visuel.....	70
13.3	Vérification des connexions.....	70
13.4	Vérification du circuit de répartition des potentiels.....	70
13.5	Vérification de la tenue en tension.....	70
13.6	Essais de décharge partielle.....	70
13.7	Vérification des auxiliaires.....	70
13.8	Vérification de l'allumage.....	71
13.9	Essai de pression du système de refroidissement.....	71
14	Présentation des résultats des essais de type.....	71
Annexe A (informative) Considérations relatives au fonctionnement et aux caractéristiques assignées des valves CSCT.....		72
A.1	Aperçu.....	72
A.2	Caractéristiques du CSCT.....	73
A.3	Plage de fonctionnement.....	73
A.4	Caractéristique assignée de la puissance réactive.....	74
A.5	Amortissement des oscillations de puissance (AOP).....	74
A.6	Réduction de la SSR (résonance hyposynchrone).....	75
A.7	Harmoniques.....	75
A.8	Interactions de contrôle entre des CSCT sur des lignes en parallèle.....	76
A.9	Plage de fonctionnement, sursensions et cycles de service.....	76
A.9.1	Plage de fonctionnement.....	76
A.9.2	Sursensions transitoires.....	76
A.9.3	Cycles de service.....	76
Annexe B (informative) Tolérance aux pannes des composants de valve.....		77
Bibliographie.....		78

Figure 1 – Connexion et nomenclature classiques d'une installation de CSCT .....	49
Figure 2 – Sous-segment CSCT .....	49
Figure 3 – Formes d'ondes du CSCT en régime permanent pour l'angle de contrôle $\alpha$ et l'intervalle de conduction $\sigma$ .....	50
Figure 4 – Tension de la valve à thyristors dans un CSCT .....	51
Figure 5 – Exemple de diagramme de plage de fonctionnement pour CSCT .....	53
Figure A.1 – Caractéristiques de la réactance apparente en régime permanent à fréquence industrielle du CSCT selon la Formule (A.1) avec $\lambda = 2,5$ .....	73
Tableau 1 – Défauts de niveaux de valve autorisés pendant les essais de type .....	57
Tableau 2 – Liste des essais .....	58
Tableau A.1 – Relations entre la tension de crête et la tension efficace .....	72

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**VALVES À THYRISTORS POUR CONDENSATEURS SÉRIE  
COMMANDÉS PAR THYRISTORS (CSCT) – ESSAI ÉLECTRIQUE**

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. A 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 propriété intellectuelle ou de droits analogues. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale IEC 62823 a été établie par le sous-comité 22F: Électronique de puissance pour les réseaux électriques de transport et de distribution, du comité d'études 22 de l'IEC: Systèmes et équipements électroniques de puissance.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

CDV	Rapport de vote
22F/342/CDV	22F/354A/RVC

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

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

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives à la publication recherchée. À cette date, la publication sera

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

**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.**

## VALVES À THYRISTORS POUR CONDENSATEURS SÉRIE COMMANDÉS PAR THYRISTORS (CSCT) – ESSAI ÉLECTRIQUE

### 1 Domaine d'application

La présente Norme internationale définit les essais individuels de série et les essais de type sur les valves à thyristors utilisées dans les installations de condensateurs série commandés par thyristors (CSCT) pour transmission de puissance en courant alternatif.

Les essais spécifiés dans la présente Norme internationale sont basés sur des valves isolées par l'air fonctionnant en mode capacitif amplifié ou en mode de shuntage. Pour d'autres types de valves et pour une valve fonctionnant en mode inductif amplifié, les exigences d'essai et les critères d'acceptation font l'objet d'un accord entre l'acheteur et le fournisseur.

### 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).

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

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

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

IEC 60270, *Techniques des essais à haute tension – Mesures des décharges partielles*