



INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Static var compensators (SVC) – Testing of thyristor valves

Compensateurs statiques de puissance réactive (SVC) – Essais des valves à thyristors

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX



ICS 29.240.99; 31.080.20

ISBN 978-2-88912-469-5

CONTENTS

FOREWORD.....	5
1 Scope.....	7
2 Normative references.....	7
3 Terms and definitions	7
4 General requirements for type, production and optional tests.....	9
4.1 Summary of tests.....	9
4.2 Objectives of tests.....	10
4.2.1 General	10
4.2.2 Dielectric tests	10
4.2.3 Operational tests	10
4.2.4 Electromagnetic interference tests	11
4.2.5 Production tests.....	11
4.2.6 Optional tests	11
4.3 Guidelines for the performance of type and optional tests.....	11
4.4 Test conditions	12
4.4.1 General	12
4.4.2 Valve temperature at testing	13
4.4.3 Redundant thyristor levels.....	13
4.5 Permissible component failures during type testing	14
4.6 Documentation of test results.....	14
4.6.1 Test reports to be issued	14
4.6.2 Contents of a type test report.....	15
5 Type tests on TCR and TSR valves.....	15
5.1 Dielectric tests between valve terminals and earth	15
5.1.1 General	15
5.1.2 AC test	16
5.1.3 Lightning impulse test.....	16
5.2 Dielectric tests between valves (MVU only)	17
5.2.1 General	17
5.2.2 AC test	17
5.2.3 Lightning impulse test.....	18
5.3 Dielectric tests between valve terminals.....	18
5.3.1 General	18
5.3.2 AC test	18
5.3.3 Switching impulse test	20
5.4 Operational tests	21
5.4.1 Periodic firing and extinction test.....	21
5.4.2 Minimum a.c. voltage test	22
5.4.3 Temperature rise test.....	23
6 Type tests on TSC valves	23
6.1 Dielectric tests between valve terminals and earth	23
6.1.1 General	23
6.1.2 AC-DC test	24
6.1.3 Lightning impulse test.....	26
6.2 Dielectric tests between valves (for MVU only).....	26
6.2.1 General	26
6.2.2 AC-DC test	26

6.2.3	Lightning impulse test	28
6.3	Dielectric tests between valve terminals	29
6.3.1	General	29
6.3.2	AC-DC test	29
6.3.3	Switching impulse test	31
6.4	Operational tests	32
6.4.1	Overcurrent tests	32
6.4.2	Minimum a.c. voltage test	35
6.4.3	Temperature rise test.....	36
7	Electromagnetic interference tests	36
7.1	Objectives	36
7.2	Test procedures	36
7.2.1	General	36
7.2.2	Switching impulse test	37
7.2.3	Non-periodic firing test.....	37
8	Production tests.....	37
8.1	General	37
8.2	Visual inspection	37
8.3	Connection check	37
8.4	Voltage-dividing/damping circuit check.....	38
8.5	Voltage withstand check	38
8.6	Check of auxiliaries	38
8.7	Firing check.....	38
8.8	Cooling system pressure test	38
8.9	Partial discharge tests	38
9	Optional tests on TCR and TSR valves	38
9.1	Overcurrent test.....	38
9.1.1	Overcurrent with subsequent blocking	38
9.1.2	Overcurrent without blocking.....	39
9.2	Positive voltage transient during recovery test.....	39
9.2.1	Objectives	39
9.2.2	Test values and waveshapes	39
9.2.3	Test procedures.....	40
9.3	Non-periodic firing test.....	40
9.3.1	Objectives	40
9.3.2	Test values and waveshapes	40
9.3.3	Test procedures.....	42
10	Optional tests on TSC valves	42
10.1	Positive voltage transient during recovery test.....	42
10.1.1	Test objective	42
10.1.2	Test values and waveshapes	42
10.1.3	Test procedures.....	42
10.2	Non-periodic firing test.....	43
10.2.1	Objectives	43
10.2.2	Test values and waveshapes	43
10.2.3	Test procedures.....	44
	Figure 1 – TSC branch	33

Figure 2 – One-loop overcurrent.....	34
Figure 3 – Two-loop overcurrent.....	35
Table 1 – List of tests.....	9
Table 2 – Number of thyristor levels permitted to fail during type tests	15

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

STATIC VAR COMPENSATORS (SVC) – TESTING OF THYRISTOR VALVES

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 61954 has been prepared by subcommittee 22F: Power electronics for electrical transmission and distribution systems, of IEC technical committee 22: Power electronics.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 1999, amendment 1 (2003) and constitutes a technical revision.

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

- a) Definitions of terms "thyristor level", "valve section", "valve base electronics" and "redundant thyristor levels" have been changed for clarification.
- b) Conditions of testing thyristor valve sections instead of a complete thyristor valve have been defined.
- c) The requirement has been added that if, following a type test, one thyristor level has become short-circuited, then the failed level shall be restored and this type test repeated.
- d) The time period of increasing the initial test voltage from 50 % to 100 % during type a.c. dielectric tests on TSC, TCR or TSR valves has been set equal to approximately 10 s.

- e) The duration of test voltage U_{ts2} during type a.c.-d.c. dielectric tests between TSC valve terminals and earth as well as the duration of test voltage U_{tvv2} during dielectric tests between TSC valves (for MVU only) has been changed from 30 min to 3 h.
- f) The reference on the number of pulses per minute of the periodic partial discharge recorded during a.c.-d.c. dielectric tests on TSC valves and exceeding the permissible level has been deleted.

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

CDV	Report on voting
22F/217/CDV	22F/231A/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.

STATIC VAR COMPENSATORS (SVC) – TESTING OF THYRISTOR VALVES

1 Scope

This International Standard defines type, production and optional tests on thyristor valves used in thyristor controlled reactors (TCR), thyristor switched reactors (TSR) and thyristor switched capacitors (TSC) forming part of static VAR compensators (SVC) for power system applications. The requirements of the standard apply both to single valve units (one phase) and to multiple valve units (several phases).

Clauses 4 to 7 detail the type tests, i.e. tests which are carried out to verify that the valve design meets the requirements specified. Clause 8 covers the production tests, i.e. tests which are carried out to verify proper manufacturing. Clauses 9 and 10 detail optional tests, i.e. tests additional to the type and production tests.

2 Normative references

The following referenced documents are indispensable for the application of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60060 (all parts), *High-voltage test techniques*

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

IEC 60060-2, *High-voltage test techniques – Part 2: Measuring systems*

IEC 60071 (all parts), *Insulation co-ordination*

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

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

IEC 60700-1:2008, *Thyristor valves for high-voltage direct current (HVDC) power transmission – Part 1: Electrical testing*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	49
1 Domaine d'application	51
2 Références normatives	51
3 Termes et définitions	52
4 Exigences générales pour les essais de type, de production et les essais facultatifs	53
4.1 Résumé des essais	53
4.2 Objectifs des essais	54
4.2.1 Généralités	54
4.2.2 Essais diélectriques	54
4.2.3 Essais opérationnels	55
4.2.4 Essais de perturbations électromagnétiques	55
4.2.5 Essais de fabrication	55
4.2.6 Essais facultatifs	55
4.3 Instructions pour l'exécution des essais de type et des essais facultatifs	56
4.4 Conditions d'essai	56
4.4.1 Généralités	56
4.4.2 Température de la valve au cours des essais	58
4.4.3 Niveaux de thyristors redondants	58
4.5 Défaillances de composant admissibles au cours des essais de type	58
4.6 Documentation des résultats d'essai	59
4.6.1 Rapports d'essai à émettre	59
4.6.2 Contenu d'un rapport d'essai de type	59
5 Essais de type des valves TCR et TSR	60
5.1 Essais diélectriques entre bornes de valve et terre	60
5.1.1 Généralités	60
5.1.2 Essai en courant alternatif	60
5.1.3 Essai de tension de choc de foudre	61
5.2 Essais diélectriques entre valves (MVU uniquement)	61
5.2.1 Généralités	61
5.2.2 Essai en courant alternatif	62
5.2.3 Essai de tension de choc de foudre	62
5.3 Essais diélectriques entre bornes de valve	63
5.3.1 Généralités	63
5.3.2 Essai en courant alternatif	63
5.3.3 Essai de tension de choc de manœuvre	65
5.4 Essais opérationnels	66
5.4.1 Essai d'amorçage et d'extinction périodiques	66
5.4.2 Essai à tension alternative minimale	68
5.4.3 Essai d'échauffement	68
6 Essais de type des valves TSC	69
6.1 Essais diélectriques entre bornes de valve et terre	69
6.1.1 Généralités	69
6.1.2 Essai en courant alternatif – en courant continu	69
6.1.3 Essai de tension de choc de foudre	71
6.2 Essais diélectriques entre valves (pour MVU uniquement)	71
6.2.1 Généralités	71
6.2.2 Essai en courant alternatif – en courant continu	72

6.2.3	Essai de tension de choc de foudre.....	74
6.3	Essais diélectriques entre bornes de valve.....	74
6.3.1	Généralités.....	74
6.3.2	Essai en courant alternatif – en courant continu.....	74
6.3.3	Essai de tension de choc de manœuvre.....	77
6.4	Essais opérationnels.....	78
6.4.1	Essais de surintensité.....	78
6.4.2	Essai de tension alternative minimale.....	81
6.4.3	Essai d'échauffement.....	82
7	Essais de perturbations électromagnétiques.....	82
7.1	Objectifs.....	82
7.2	Procédures d'essai.....	83
7.2.1	Généralités.....	83
7.2.2	Essai de tension de choc de manœuvre.....	83
7.2.3	Essai d'allumage non périodique.....	83
8	Essais de fabrication.....	83
8.1	Généralités.....	83
8.2	Contrôle visuel.....	84
8.3	Contrôle des connexions.....	84
8.4	Contrôle du circuit diviseur/amortisseur des potentiels.....	84
8.5	Contrôle de la tenue en tension.....	84
8.6	Contrôle des auxiliaires.....	84
8.7	Contrôle de l'amorçage.....	84
8.8	Essai de pression du circuit de refroidissement.....	84
8.9	Essais de décharges partielles.....	84
9	Essais facultatifs sur valves TCR et TSR.....	85
9.1	Essai de surintensité.....	85
9.1.1	Surintensité avec blocage résultant.....	85
9.1.2	Surintensité sans blocage.....	85
9.2	Essai de tension positive transitoire pendant la période de recouvrement.....	86
9.2.1	Objectifs.....	86
9.2.2	Valeurs d'essai et formes d'ondes.....	86
9.2.3	Procédures d'essai.....	86
9.3	Essai d'amorçage apériodique.....	87
9.3.1	Objectifs.....	87
9.3.2	Valeurs d'essai et formes d'ondes.....	87
9.3.3	Procédures d'essai.....	88
10	Essais facultatifs sur valves TSC.....	88
10.1	Essai de tension positive transitoire pendant la période de recouvrement.....	88
10.1.1	Objectif de l'essai.....	88
10.1.2	Valeurs d'essai et formes d'ondes.....	89
10.1.3	Procédures d'essai.....	89
10.2	Essai d'amorçage apériodique.....	89
10.2.1	Objectifs.....	89
10.2.2	Valeurs d'essai et formes d'ondes.....	89
10.2.3	Procédures d'essai.....	91
	Figure 1 – Branche TSC.....	79

Figure 2 – Surintensité à une boucle	80
Figure 3 – Surintensité à deux boucles	81
Tableau 1 – Liste des essais	53
Tableau 2 – Nombre de niveaux de thyristors pouvant être défectueux au cours des essais de type	59

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

COMPENSATEURS STATIQUES DE PUISSANCE RÉACTIVE (SVC) – ESSAIS DES VALVES À THYRISTORS

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de la CEI"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de la CEI intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; la CEI ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) La CEI 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 la CEI. La CEI 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 la CEI, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de la CEI, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de la CEI peuvent faire l'objet de droits de brevet. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 61954 a été établie par le sous-comité 22F: Electronique de puissance pour les réseaux électriques de transport et de distribution, du comité d'études 22 de la CEI: Systèmes et équipements électroniques de puissance.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition parue en 1999, l'amendement 1 (2003). Cette édition constitue une révision technique.

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

- a) Les définitions des termes « niveau de thyristor », « section de valve », « électronique de base de valve », « niveaux de thyristors redondants » ont été clarifiées.
- b) Les conditions pour les essais des sections de valves de thyristors à la place des thyristors complets ont été définies.
- c) Une exigence a été ajoutée afin que, suite à un essai de test, si un niveau de thyristor a été court-circuité, alors le niveau défaillant puisse être restauré et cet essai de type répété.

- d) La période de temps d'accroissement de la tension d'essai initiale de 50 % à 100 % pendant l'essai de type diélectrique en courant alternatif sur les valves TSC, TCR ou TSR, a été fixée à approximativement 10 s.
- e) La durée de l'essai de tension U_{ts2} pendant l'essai de type diélectrique c.a.-c.c. entre des bornes de valves TSC et la terre, ainsi que la durée de la tension d'essai U_{tvv2} pendant les essais diélectriques entre valves TSC (pour les MVU uniquement) a été modifiée de 30 min à 3 h.
- f) Suppression de la référence au nombre d'impulsions par minute de décharge partielle périodique enregistrées pendant les essais diélectriques c.a.-c.c. sur les valves TSC et dépassant le niveau admissible.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

CDV	Rapport de vote
22F/217/CDV	22F/231A/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/CEI, 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 la CEI sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

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

COMPENSATEURS STATIQUES DE PUISSANCE REACTIVE (SVC) – ESSAIS DES VALVES A THYRISTORS

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale définit les essais de type, les essais de production et les essais facultatifs des valves à thyristors utilisées dans les bobines d'inductance commandées par thyristors (TCR¹), les bobines d'inductance commutées par thyristors (TSR²) et les condensateurs commutés par thyristors (TSC³) qui font partie des compensateurs statiques de puissance réactive (SVC⁴) pour des applications de système de puissance. Les exigences de la présente norme s'appliquent tant aux unités à valve unique (monophasées) qu'aux unités à valves multiples (polyphasées).

Les Articles 4 à 7 décrivent les essais de type, c'est-à-dire les essais effectués pour s'assurer que la conception des valves satisfait aux exigences spécifiées. L'Article 8 traite des essais de production, c'est-à-dire les essais effectués pour s'assurer que la fabrication est correcte. Les Articles 9 et 10 décrivent des essais facultatifs, c'est-à-dire des essais supplémentaires aux essais de type et de production.

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

CEI 60060 (toutes les parties), *Techniques des essais à haute tension*

CEI 60060-1, *Techniques des essais à haute tension – Partie 1: Définitions et prescriptions générales relatives aux essais*

CEI 60060-2, *Techniques des essais à haute tension – Partie 2: Systèmes de mesure*

CEI 60071 (toutes les parties), *Coordination de l'isolement*

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

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

CEI 60700-1:2008, *Valves à thyristors pour le transport d'énergie en courant continu à haute tension (CCHT) – Partie 1: Essais électriques*

1 TCR = *Thyristor Controlled Reactors*.

2 TSR = *Thyristor Switched Reactors*.

3 TSC = *Thyristor Switched Capacitors*.

4 SVC = *Static Var Compensators*.