IEC 61954

Edition 3.0 2021-10

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

ICS 29.240.99; 31.080.20

ISBN 978-2-8322-1033-1

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 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 AC 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....25
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 28
6.3.1 General 28
6.3.2 AC-DC test 28
6.3.3 Switching impulse test 30
6.4 Operational tests 31
6.4.1 Overcurrent tests 31
6.4.2 Minimum AC 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 41
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 42
10.2.1 Objectives 42
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 electronic systems and equipment.

This third edition cancels and replaces the second edition published in 2011, Amendment 1:2013 and Amendment 2:2017. This edition constitutes a technical revision.

This edition includes the following significant technical changes with respect to the previous edition: important clarifications were made in 4.4.1.2, 5.1.2.2, 5.1.3.2, 5.2.3.2, 6.1.2.2, 6.1.2.4, 6.1.3.2, 6.2.2.2, 6.2.2.4, 6.3.2.2 and 9.3.2.

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

FDIS	Report on voting
22F/642/FDIS	22F/658/RVD

Full information on the voting for the approval of this International Standard 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 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/standardsdev/publications.

The committee has decided that the contents of this document will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC website under "http://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.

STATIC VAR COMPENSATORS (SVC) – TESTING OF THYRISTOR VALVES

1 Scope

This document 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 document 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 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.

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

IEC 60060-1:2010, *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 60071-1:2019, *Insulation co-ordination – Part 1: Definitions, principles and rules*

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

IEC 60700-1:2015, *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 51
4 Exigences générales pour les essais de type, de production et les essais facultatifs 53
4.1 Récapitulatif des essais 53
4.2 Objectifs des essais 55
4.2.1 Généralités 55
4.2.2 Essais diélectriques 55
4.2.3 Essais opérationnels 56
4.2.4 Essais de perturbations électromagnétiques 56
4.2.5 Essais de production 56
4.2.6 Essais facultatifs 56
4.3 Lignes directrices pour l'exécution des essais de type et des essais facultatifs 56
4.4 Conditions d'essai 57
4.4.1 Généralités 57
4.4.2 Température de la valve au cours des essais 59
4.4.3 Niveaux de thyristors redondants 59
4.5 Défaillances de composant admissibles au cours des essais de type 59
4.6 Documentation des résultats d’essai 60
4.6.1 Rapports d’essai à émettre 60
4.6.2 Contenu d'un rapport d'essai de type 60
5 Essais de type des valves TCR et TSR 61
5.1 Essais diélectriques entre bornes de valve et terre 61
5.1.1 Généralités 61
5.1.2 Essai en courant alternatif 61
5.1.3 Essai de tension de choc de foudre 62
5.2 Essais diélectriques entre valves (MVU uniquement) 62
5.2.1 Généralités 62
5.2.2 Essai en courant alternatif 63
5.2.3 Essai de tension de choc de foudre 63
5.3 Essais diélectriques entre bornes de valve 64
5.3.1 Généralités 64
5.3.2 Essai en courant alternatif 64
5.3.3 Essai de tension de choc de manœuvre 66
5.4 Essais opérationnels 67
5.4.1 Essai d’amorçage et d'extinction périodiques 67
5.4.2 Essai de tension alternative minimale 69
5.4.3 Essai d'échauffement 69
6 Essais de type des valves TSC 70
6.1 Essais diélectriques entre bornes de valve et terre 70
6.1.1 Généralités 70
6.1.2 Essai en courant alternatif/continu 70
6.1.3 Essai de tension de choc de foudre 72

6.2 Essais diélectriques entre valves (pour MVU uniquement) 72
6.2.1 Généralités 72
6.2.2 Essai en courant alternatif/continu 72
6.2.3 Essai de tension de choc de foudre 75
6.3 Essais diélectriques entre bornes de valve 75
6.3.1 Généralités 75
6.3.2 Essai en courant alternatif/continu 75
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 82
6.4.3 Essai d'échauffement 83
7 Essais de perturbations électromagnétiques 83
7.1 Objectifs 83
7.2 Procédures d'essai 83
7.2.1 Généralités 83
7.2.2 Essai de tension de choc de manœuvre 84
7.2.3 Essai d'amorçage non périodique 84
8 Essais de production 84
8.1 Généralités 84
8.2 Contrôle visuel 84
8.3 Contrôle des connexions 85
8.4 Contrôle du circuit diviseur/amortisseur des potentiels 85
8.5 Contrôle de la tenue en tension 85
8.6 Contrôle des auxiliaires 85
8.7 Contrôle de l'amorçage 85
8.8 Essai de pression du circuit de refroidissement 85
8.9 Essais de décharges partielles 85
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 86
9.2 Essai de tension positive transitoire pendant la période de recouvrement 87
9.2.1 Objectifs 87
9.2.2 Valeurs d'essai et formes d'ondes 87
9.2.3 Procédures d'essai 87
9.3 Essai d'amorçage non périodique 87
9.3.1 Objectifs 87
9.3.2 Valeurs d'essai et formes d'ondes 88
9.3.3 Procédures d'essai 89
10 Essais facultatifs sur valves TSC 90
10.1 Essai de tension positive transitoire pendant la période de recouvrement 90
10.1.1 Objectif de l'essai 90
10.1.2 Valeurs d'essai et formes d'ondes 90
10.1.3 Procédures d'essai 90
10.2 Essai d'amorçage non périodique 90
10.2.1 Objectifs 90
10.2.2 Valeurs d'essai et formes d'ondes 91

10.2.3 Procédures d'essai....92

Figure 1 – Branche TSC....80
Figure 2 – Surintensité à une boucle....81
Figure 3 – Surintensité à deux boucles....82

Tableau 1 – Liste des essais....54
Tableau 2 – Nombre de niveaux de thyristors dont la défaillance est admise au cours des essais de type....60

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

_____

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

La Norme internationale IEC 61954 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.

Cette troisième édition annule et remplace la deuxième édition parue en 2011, l'Amendement 1:2013 et l'Amendement 2:2017. Cette édition constitue une révision technique.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'édition précédente: d'importantes clarifications ont été apportées en 4.4.1.2, 5.1.2.2, 5.1.3.2, 5.2.3.2, 6.1.2.2, 6.1.2.4, 6.1.3.2, 6.2.2.2, 6.2.2.4, 6.3.2.2 et 9.3.2.

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

FDIS	Rapport de vote
22F/642/FDIS	22F/658/RVD

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

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

Ce document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Part 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/standardsdev/publications.

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 "http://webstore.iec.ch" dans les données relatives au document recherché. À cette date, le document sera

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

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

1 Domaine d'application

Le présent document 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 (TCR – *thyristor controlled reactor*), les bobines d'inductance commutées par thyristors (TSR – *thyristor switched reactor*) et les condensateurs commutés par thyristors (TSC – *thyristor switched capacitor*) qui font partie des compensateurs statiques de puissance réactive (SVC – *static VAR compensator*) pour des applications de système de puissance. Les exigences du présent document 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 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 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 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).

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

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

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

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

IEC 60071-1:2019, *Coordination de l'isolement – Partie 1: Définitions, principes et règles*

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

IEC 60700-1:2015, *Valves à thyristors pour le transport d'énergie en courant continu à haute tension (CCHT) – Partie 1: Essais électriques*