



IEC 61975

Edition 1.0 2010-07

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

High-voltage direct current (HVDC) installations – System tests

Installations en courant continu à haute tension (CCHT) – Essais systèmes

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE **XC**
CODE PRIX

ICS 29.130.10; 31.080.01

ISBN 978-2-83220-371-2

**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.....	4
INTRODUCTION.....	6
1 Scope.....	7
2 Normative references.....	7
3 Terms and definitions	7
3.1 Test classifications terms	7
3.2 Operation state terms	8
4 General	9
4.1 Purpose.....	9
4.2 Structure of the HVDC system	10
4.3 Structure of the control and protection system.....	11
4.4 Logical steps of system test.....	12
4.5 Structure of system test	13
4.6 Precondition for site test	13
5 Converter station test.....	16
5.1 General	16
5.2 Converter unit test	17
5.3 Energizing of reactive components.....	18
5.4 Changing the d.c. system configuration	19
5.5 Electromagnetic compatibility.....	20
5.6 Trip test.....	21
5.7 Open line test	22
5.8 Back-to-back test.....	24
5.9 Short circuit test	25
6 Transmission tests.....	26
6.1 Low power transmission tests	26
6.2 Operator control mode transfer	34
6.3 Changes of d.c. configuration	40
6.4 Main circuit equipment switching.....	43
6.5 Dynamic performance testing.....	47
6.6 AC and d.c. system staged faults	56
6.7 Loss of telecom, auxiliaries or redundant equipment	60
6.8 High power transmission tests	63
6.9 Acceptance tests	67
7 Trial operation	74
7.1 General	74
7.2 Purpose of test	74
7.3 Test precondition.....	74
7.4 Test procedure	74
7.5 Test acceptance criteria.....	75
8 System test plan and documentation	75
8.1 General	75
8.2 Plant documentation and operating manual.....	75
8.3 System study reports and technical specification.....	75
8.4 Inspection and test plan	76
8.5 System test program.....	76

8.6	Test procedure for each test	77
8.7	Documentation of system test results	77
8.8	Deviation report	78
	Bibliography	79
	Figure 1 – Relation among five major aspects of system test	10
	Figure 2 – Structure of the HVDC system	11
	Figure 3 – Structure of the HVDC control and protection	11
	Figure 4 – Structure of system test	15
	Figure 5 – Sequence for low power transmission tests	28
	Figure 6 – Step response test of current control at the rectifier	49
	Figure 7 – Step response test of extinction angle control at the inverter	50
	Figure 8 – Step response test of d.c. voltage control at the inverter	50
	Figure 9 – Step response test of current control at the inverter	51
	Figure 10 – Step response test of power control at the rectifier	51

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**HIGH-VOLTAGE DIRECT CURRENT (HVDC) INSTALLATIONS –
SYSTEM TESTS**
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 61975 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 first version of IEC 61975 cancels and replaces IEC/PAS 61975 published jointly in 2004 by IEC and CIGRÉ. It constitutes a technical revision incorporating engineering experience.

This bilingual version (2012-09) corresponds to the monolingual English version, published in 2010-07.

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

FDIS	Report on voting
22F/221/FDIS	22F/227/RVD

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

The French version of this standard has not been voted upon.

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.

INTRODUCTION

The standard is structured in eight clauses:

- a) Clause 1 – Scope
- b) Clause 2 – Normative references
- c) Clause 3 – Definitions
- d) Clause 4 – General
- e) This clause addresses the purpose of this standard, the HVDC system structure, the control and protection structure, the logical steps of commissioning, the structure of the system test and that of the system commissioning standard.
- f) Clause 5 – Converter station test
- g) This clause addresses the commissioning of converter units and verifies the steady state performance of units as well as switching tests.
- h) Clause 6 – Power transmission tests
- i) This clause concerns the commissioning of the transmission system, and verifies station coordination, steady-state and dynamic performance, interference, as well as interaction between the d.c. and a.c. systems.
- j) Clause 7 – Trial operation
- k) After completion of the system test, the period of trial operation is normally specified to verify the normal transmission.
- l) Clause 8 – System test plan and documentation

Clauses 5 to 7 comprise individual sections providing an introduction and covering objects, preconditions and procedures and general acceptance criteria as well as detailed descriptions of the individual tests.

HIGH-VOLTAGE DIRECT CURRENT (HVDC) INSTALLATIONS – SYSTEM TESTS

1 Scope

This International Standard applies to system tests for high-voltage direct current (HVDC) installations which consist of a sending terminal and a receiving terminal, each connected to an a.c. system.

The tests specified in this standard are based on bidirectional and bipolar high-voltage direct current (HVDC) installations which consist of a sending terminal and a receiving terminal, each connected to an a.c. system. The test requirements and acceptance criteria should be agreed for back-to-back installations, while multi-terminal systems and voltage sourced converters are not included in this standard. For monopolar HVDC installations, the standard applies except for bipolar tests.

For the special functions or performances that are claimed by specific projects, some extra test items not included in this standard should be added according to the technical specification requirements.

This standard only serves as a guideline to system tests for high-voltage direct current (HVDC) installations. The standard gives potential users guidance, regarding how to plan commissioning activities. The tests described in the guide may not be applicable to all projects, but represent a range of possible tests which should be considered.

Therefore, it is preferable that the project organization establishes the individual test program based on this standard and in advance assigns responsibilities for various tasks/tests between involved organisations (e.g. user, supplier, manufacturer, operator, purchaser etc.) for each specific project.

2 Normative references

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

IEC 60633:1998, *Terminology for high-voltage direct current (HVDC) power transmission*

IEC/TR 60919-2:2008, *Performance of high-voltage direct current (HVDC) systems with line commutated converters – Part 2: Faults and switching*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	82
INTRODUCTION	84
1 Domaine d'application	85
2 Références normatives	85
3 Termes et définitions	85
3.1 Termes afférents à la classification des essais	86
3.2 Termes afférents à l'état de fonctionnement	86
4 Généralités	87
4.1 Objectif	87
4.2 Structure du système CCHT	88
4.3 Structure du système de commande et de protection	89
4.4 Etapes logiques d'un essai système	90
4.5 Structure d'un essai système	91
4.6 Condition préalable à un essai sur site	92
5 Essai du poste de conversion	94
5.1 Généralités	94
5.2 Essai de l'unité de conversion	95
5.3 Mise sous tension des composants réactifs	96
5.4 Modification de la configuration du système à courant continu	97
5.5 Compatibilité électromagnétique	98
5.6 Essai de déclenchement	100
5.7 Essai en ligne ouverte	101
5.8 Essai en opposition	103
5.9 Essai en court-circuit	105
6 Essais de transmission	105
6.1 Essais de transmission à faible puissance	105
6.2 Passage au mode de commande opérateur	114
6.3 Modification de la configuration à courant continu	121
6.4 Commutation du circuit principal	124
6.5 Essais de performance dynamique	128
6.6 Défauts étagés du système à courant alternatif et du système à courant continu	139
6.7 Perte de télécommunication, d'auxiliaires ou d'appareils redondants	143
6.8 Essais de transmission à puissance élevée	146
6.9 Essais d'acceptation	151
7 Essai de fonctionnement	159
7.1 Généralités	159
7.2 Objectif de l'essai	159
7.3 Conditions préalables de l'essai	159
7.4 Procédure d'essai	159
7.5 Critères d'acceptation de l'essai	160
8 Plan d'essai du système et documentation	160
8.1 Généralités	160
8.2 Documentation afférente à l'installation et manuel d'utilisation	160

8.3	Rapports d'étude sur le système et spécifications techniques	160
8.4	Plan d'inspection et d'essai	161
8.5	Programme d'essai du système	161
8.6	Procédure d'essai pour chaque essai	162
8.7	Documentation sur les résultats des essais du système	162
8.8	Rapport d'écart	164
	Bibliographie	165

Figure 1	– Relation entre les cinq aspects majeurs d'un essai système	88
----------	--	----

Figure 2	– Structure du système CCHT	89
----------	-----------------------------------	----

Figure 3	– Structure du système de commande et de protection du CCHT	90
----------	---	----

Figure 4	– Structure d'un essai système	93
----------	--------------------------------------	----

Figure 5	– Séquence des essais de transmission à faible puissance	107
----------	--	-----

Figure 6	– Essai de réponse indicielle de la commande de courant au niveau du redresseur	131
----------	---	-----

Figure 7	– Essai de réponse indicielle de la commande d'angle d'extinction au niveau de l'onduleur	132
----------	---	-----

Figure 8	– Essai de réponse indicielle de la commande de tension continue au niveau de l'onduleur	132
----------	--	-----

Figure 9	– Essai de réponse indicielle de la commande de courant au niveau de l'onduleur	133
----------	---	-----

Figure 10	– Essai de réponse indicielle de la commande de puissance au niveau du redresseur	133
-----------	---	-----

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

INSTALLATIONS EN COURANT CONTINU À HAUTE TENSION (CCHT) – ESSAIS SYSTÈMES

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 propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI 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 CEI 61975 a été établie par le sous-comité 22F: Electronique de puissance pour les systèmes électriques de transmission et de distribution, du comité d'études 22 de la CEI: Electronique de puissance.

Cette première version de la CEI 61975 annule et remplace la CEI/PAS 61975 qui a été publiée conjointement en 2004 par la CEI et le CIGRÉ, dont elle constitue une révision technique combinée à une expérience en ingénierie.

La présente version bilingue (2012-09) correspond à la version anglaise monolingue publiée en 2010-07.

Le texte anglais de cette norme est issu des documents 22F/221/FDIS et 22F/227/RVD.

Le rapport de vote 22F/227/RVD donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette norme.

La version française n'a pas été soumise au vote.

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.

INTRODUCTION

La norme est structurée en huit articles:

- a) Article 1 - Domaine d'application
- b) Article 2 - Références normatives
- c) Article 3 - Définitions
- d) Article 4 - Généralités
- e) Cet article aborde l'objectif de la présente norme, la structure du système CCHT, la structure du système de commande et de protection, les étapes logiques de la mise en service, la structure de l'essai système et celle de la norme de mise en service du système.
- f) Article 5 - Essai du poste de conversion
- g) Cet article concerne la mise en service des unités de conversion, la vérification de la performance des unités en régime établi, et les essais de commutation.
- h) Article 6 - Essais de transmission d'énergie
- i) Cet article concerne la mise en service du système de transmission, la vérification de la coordination des postes, la performance en régime établi et la performance dynamique, le brouillage, et l'interaction entre les systèmes à courant continu et les systèmes à courant alternatif.
- j) Article 7 - Essai de fonctionnement
- k) Après la réalisation de l'essai système, la période d'essai de fonctionnement est normalement spécifiée afin de vérifier la transmission classique.
- l) Article 8 - Plan d'essai du système et documentation

Les Articles 5 à 7 comprennent des sections individuelles contenant l'introduction, les objets, les conditions préalables et les procédures, les critères d'acceptation et les descriptions détaillées des essais individuels.

INSTALLATIONS EN COURANT CONTINU À HAUTE TENSION (CCHT) – ESSAIS SYSTÈMES

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale s'applique aux essais systèmes pour les installations en courant continu à haute tension (CCHT) qui se composent d'une borne d'émission et d'une borne de réception, chacune reliée à un système à courant alternatif.

Les essais spécifiés dans la présente norme sont basés sur des installations en courant continu à haute tension (CCHT) bidirectionnelles et bipolaires qui se composent d'une borne d'émission et d'une borne de réception, chacune reliée à un système à courant alternatif. Il convient que les exigences d'essai et les critères d'acceptation soient convenus pour les installations en opposition, alors que les systèmes à bornes multiples et les convertisseurs à source de tension ne sont pas inclus dans la présente norme. Pour les installations CCHT monopolaires, la norme s'applique, excepté pour les essais bipolaires.

Pour les fonctions ou les performances spéciales, qui sont revendiquées par un projet spécifique, il convient que certains points d'essai supplémentaires non inclus dans la présente norme soient ajoutés conformément aux exigences de la spécification technique.

La présente norme sert uniquement de lignes directrices des essais systèmes pour les installations en courant continu à haute tension (CCHT). La norme fournit des recommandations aux utilisateurs potentiels quant à la manière de planifier les activités de mise en service. Les essais décrits dans le guide ne peuvent être applicables à l'ensemble des projets, mais représentent une partie des essais possibles qu'il convient de prendre en considération.

Par conséquent, il est préférable que l'organisme en charge du projet établisse le programme d'essai individuel sur la base de la présente norme et attribue à l'avance les responsabilités relatives aux différentes tâches/ différents essais entre les organisations impliquées (par exemple, utilisateur, fournisseur, constructeur, opérateur, acheteur, etc.) pour chaque projet particulier.

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 60633:1998, *Terminologie pour le transport d'énergie en courant continu à haute tension (CCHT)*

CEI/TR 60919-2:2008, *Fonctionnement des systèmes à courant continu à haute tension (CCHT) munis de convertisseurs commutés par le réseau – Partie 2: Défauts et manœuvres*