IEC 61975

Edition 1.2 2022-10
CONSOLIDATED VERSION

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

colour inside

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

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

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 29.130.10; 31.080.01

ISBN 978-2-8322-5982-5

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

IEC 61975

Edition 1.2 2022-10
CONSOLIDATED VERSION

REDLINE VERSION

VERSION REDLINE

colour inside

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

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



IEC 61975:2010-07+AMD1:2016-09+AMD2:2022-10 CSV(en-fr)

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~~ Objectives of system tests 9
4.1 ~~Purpose~~ Categories of system tests 9
4.2 Structure of the HVDC system 10
4.3 Structure of the control and protection system 12
4.4 Logical steps of system test 13
4.5 Structure of system test 14
4.6 Precondition for on-site test 14
4.7 Acceptance tests 15
5 Converter station test 17
5.1 General 17
5.2 Converter unit test 18
5.3 ~~Energizing~~ Energization of reactive components 19
5.4 Changing the ~~d.c~~ DC system configuration 20
5.5 Electromagnetic compatibility 21
5.6 Trip test 22
5.7 Open line test 23
5.8 Back-to-back test 25
5.9 Short circuit test 27
6 Transmission tests 28
6.1 Low power transmission tests 28
6.2 Operator control mode transfer 36
6.3 Changes of ~~d.c~~ DC configuration 43
6.4 Main circuit equipment switching 45
6.5 Dynamic performance testing 49
6.6 AC and ~~d.c~~ DC system staged faults 60
6.7 Loss of telecom, auxiliaries or redundant equipment 63
6.8 High power transmission tests 66
6.9 Final acceptance tests 71
7 Trial operation 78
7.1 General 78
7.2 Purpose of test 78
7.3 Test precondition 78
7.4 Test procedure 78
7.5 Test acceptance criteria 79
8 System test plan and documentation 79
8.1 General 79
8.2 Plant documentation and operating manual 79
8.3 System study reports and technical specification 79

8.4 Inspection and test plan 79
8.5 System test program 80
8.6 Test procedure for each test 81
8.7 Documentation of system test results 81
~~8.8 Deviation report~~ .....
Bibliography 83

Figure 1 – Relation among five major aspects of system test 10
Figure 2 – Structure of the HVDC system 12
Figure 3 – Structure of the HVDC control and protection 13
Figure 4 – Structure of system test 16
Figure 5 – Sequence for low power transmission tests 30
Figure 6 – Step response test of current control at the rectifier 52
Figure 7 – Step response test of extinction angle control at the inverter 53
Figure 8 – Step response test of ~~d.c.~~ DC voltage control at the inverter 53
Figure 9 – Step response test of current control at the inverter 54
Figure 10 – Step response test of power control at the rectifier 55

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.

This consolidated version of the official IEC Standard and its amendments has been prepared for user convenience.

IEC 61975 edition 1.2 contains the first edition (2010-07) [documents 22F/221/FDIS and 22F/227/RVD], its amendment 1 (2016-09) [documents 22F/375/CDV and 22F/394A/RVC] and its amendment 2 (2022-10) [documents 22F/670/CDV and 22F/691/RVC].

In this Redline version, a vertical line in the margin shows where the technical content is modified by amendments 1 and 2. Additions are in green text, deletions are in strikethrough red text. A separate Final version with all changes accepted is available in this publication.

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 version constitutes a technical revision incorporating engineering experience.

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

The committee has decided that the contents of the base publication and its amendments will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC web site under 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.

INTRODUCTION

The standard is structured in eight clauses:

~~a)~~ Clause 1 – Scope

~~b)~~ Clause 2 – Normative references

~~c)~~ Clause 3 – Terms and definitions

~~d)~~ Clause 4 – ~~General~~ Objectives of system tests

~~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.~~ DC and ~~a.c.~~ AC 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~~ objectives, 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.~~ AC system.

The tests specified in this standard are based on bidirectional monopolar and bipolar high-voltage direct current (HVDC) installations which consist of a sending terminal and a receiving terminal, each connected to an ~~a.c.~~ AC 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~~ undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60633:~~1998~~2019, ~~*Terminology for*~~ *High-voltage direct current (HVDC)* ~~*power*~~ *transmission – Vocabulary*

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 86
INTRODUCTION 88
1 Domaine d'application 89
2 Références normatives 89
3 Termes et définitions 89
3.1 Termes afférents à la classification des essais 90
3.2 Termes afférents à l'état de fonctionnement 90
4 ~~Généralités~~ Objectifs des essais systèmes 91
4.1 ~~Objectif~~ Catégories des essais systèmes 91
4.2 Structure du système CCHT 92
4.3 Structure du système de commande et de protection 94
4.4 Etapes logiques d'un essai système 95
4.5 Structure d'un essai système 96
4.6 Condition préalable pour l'essai sur site 97
4.7 Essais d'acceptation 98
5 Essai du poste de conversion 100
5.1 Généralités 100
5.2 Essai de l'unité de conversion 101
5.3 Mise sous tension des composants réactifs 102
5.4 Modification de la configuration du système à courant continu 103
5.5 Compatibilité électromagnétique 104
5.6 Essai de déclenchement 106
5.7 Essai en ligne ouverte 107
5.8 Essai en opposition 109
5.9 Essai en court-circuit 111
6 Essais de transmission 111
6.1 Essais de transmission à faible puissance 111
6.2 Passage au mode de commande opérateur 121
6.3 Modification de la configuration à courant continu 129
6.4 Commutation du circuit principal 131
6.5 Essais de performance dynamique 136
6.6 Défauts étagés du système à courant alternatif et du système à courant continu 147
6.7 Perte de télécommunication, d'auxiliaires ou d'appareils redondants 151
6.8 Essais de transmission à puissance élevée 155
6.9 Essais d'acceptation finale 160
7 Essai de fonctionnement 167
7.1 Généralités 167
7.2 Objectif de l'essai 168
7.3 Conditions préalables de l'essai 168
7.4 Procédure d'essai 168
7.5 Critères d'acceptation de l'essai 168
8 Plan d'essai du système et documentation 169
8.1 Généralités 169
8.2 Documentation afférente à l'installation et manuel d'utilisation 169

8.3 Rapports d'étude sur le système et spécifications techniques 169
8.4 Plan d'inspection et d'essai 169
8.5 Programme d'essai du système 170
8.6 Procédure d'essai pour chaque essai 171
8.7 Documentation sur les résultats des essais du système 171
~~8.8 Rapport d'écarts .....~~
Bibliographie 173

Figure 1 – Relation entre les cinq aspects majeurs d'un essai système 92
Figure 2 – Structure du système CCHT 94
Figure 3 – Structure du système de commande et de protection du CCHT 95
Figure 4 – Structure d'un essai système 99
Figure 5 – Séquence des essais de transmission à faible puissance 114
Figure 6 – Essai de réponse indicielle de la commande de courant au niveau du redresseur 139
Figure 7 – Essai de réponse indicielle de la commande d'angle d'extinction au niveau de l'onduleur 140
Figure 8 – Essai de réponse indicielle de la commande de tension continue au niveau de l'onduleur 140
Figure 9 – Essai de réponse indicielle de la commande de courant au niveau de l'onduleur 141
Figure 10 – Essai de réponse indicielle de la commande de puissance au niveau du redresseur 142

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

_____

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

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 brevet. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

Cette version consolidée de la Norme IEC officielle et de ses amendements a été préparée pour la commodité de l'utilisateur.

L'IEC 61975 édition 1.2 contient la première édition (2010-07) [documents 22F/221/FDIS et 22F/227/RVD], son amendement 1 (2016-09) [documents 22F/375/CDV et 22F/394A/RVC] et son amendement 2 (2022-10) [documents 22F/670/CDV et 22F/691/RVC].

Dans cette version Redline, une ligne verticale dans la marge indique où le contenu technique est modifié par les amendements 1 et 2. Les ajouts sont en vert, les suppressions sont en rouge, barrées. Une version Finale avec toutes les modifications acceptées est disponible dans cette publication.

La Norme Internationale IEC 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 l'IEC: Electronique de puissance.

Cette version constitue une révision technique combinée à une expérience en ingénierie.

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

Le comité a décidé que le contenu de la publication de base et de ses amendements 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 à la publication recherchée. A 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.

INTRODUCTION

La norme est structurée en huit articles:

~~a)~~ Article 1 - Domaine d'application

~~b)~~ Article 2 - Références normatives

~~c)~~ Article 3 - Termes et définitions

~~d)~~ Article 4 - ~~Généralités~~ Objectifs des essais systèmes

~~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~~ objectifs, 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 monopolaires 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~~ des 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).

IEC 60633:~~1998~~2019, ~~*Terminologie pour le*~~ *Transport d'énergie en courant continu à haute tension (CCHT) – Vocabulaire*

IEC/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*

IEC 61975

Edition 1.2 2022-10
CONSOLIDATED VERSION

FINAL VERSION

VERSION FINALE

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

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



IEC 61975:2010-07+AMD1:2016-09+AMD2:2022-10 CSV(en-fr)

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 Objectives of system tests 9
4.1 Categories of system tests 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 on-site test 13
4.7 Acceptance tests 14
5 Converter station test 16
5.1 General 16
5.2 Converter unit test 17
5.3 Energization of reactive components 18
5.4 Changing the DC 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 DC configuration 40
6.4 Main circuit equipment switching 42
6.5 Dynamic performance testing 46
6.6 AC and DC system staged faults 56
6.7 Loss of telecom, auxiliaries or redundant equipment 60
6.8 High power transmission tests 63
6.9 Final 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 75
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 76

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
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 12
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 DC 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.

This consolidated version of the official IEC Standard and its amendments has been prepared for user convenience.

IEC 61975 edition 1.2 contains the first edition (2010-07) [documents 22F/221/FDIS and 22F/227/RVD], its amendment 1 (2016-09) [documents 22F/375/CDV and 22F/394A/RVC] and its amendment 2 (2022-10) [documents 22F/670/CDV and 22F/691/RVC].

This Final version does not show where the technical content is modified by amendments 1 and 2. A separate Redline version with all changes highlighted is available in this publication.

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 version constitutes a technical revision incorporating engineering experience.

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

The committee has decided that the contents of the base publication and its amendments will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC web site under 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:

Clause 1 – Scope

Clause 2 – Normative references

Clause 3 – Terms and definitions

Clause 4 – Objectives of system tests

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.

Clause 5 – Converter station test

This clause addresses the commissioning of converter units and verifies the steady state performance of units as well as switching tests.

Clause 6 – Transmission tests

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 DC and AC systems.

Clause 7 – Trial operation

After completion of the system test, the period of trial operation is normally specified to verify the normal transmission.

Clause 8 – System test plan and documentation

Clauses 5 to 7 comprise individual sections providing an introduction and covering objectives, 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 AC system.

The tests specified in this standard are based on bidirectional monopolar and bipolar high-voltage direct current (HVDC) installations which consist of a sending terminal and a receiving terminal, each connected to an AC 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, 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 undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60633:2019, *High-voltage direct current (HVDC) transmission – Vocabulary*

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 Objectifs des essais systèmes 87
4.1 Catégories des essais systèmes 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 pour l'essai sur site 91
4.7 Essais d'acceptation 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 104
6 Essais de transmission 105
6.1 Essais de transmission à faible puissance 105
6.2 Passage au mode de commande opérateur 113
6.3 Modification de la configuration à courant continu 120
6.4 Commutation du circuit principal 123
6.5 Essais de performance dynamique 128
6.6 Défauts étagés du système à courant alternatif et du système à courant continu 138
6.7 Perte de télécommunication, d'auxiliaires ou d'appareils redondants 142
6.8 Essais de transmission à puissance élevée 146
6.9 Essais d'acceptation finale 151
7 Essai de fonctionnement 158
7.1 Généralités 158
7.2 Objectif de l'essai 158
7.3 Conditions préalables de l'essai 158
7.4 Procédure d'essai 159
7.5 Critères d'acceptation de l'essai 159
8 Plan d'essai du système et documentation 159
8.1 Généralités 159
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 160
8.5 Programme d'essai du système 161
8.6 Procédure d'essai pour chaque essai 161
8.7 Documentation sur les résultats des essais du système 162
Bibliographie 163

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 130
Figure 7 – Essai de réponse indicielle de la commande d'angle d'extinction au niveau de l'onduleur 131
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 132
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 (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 brevet. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

Cette version consolidée de la Norme IEC officielle et de ses amendements a été préparée pour la commodité de l'utilisateur.

L'IEC 61975 édition 1.2 contient la première édition (2010-07) [documents 22F/221/FDIS et 22F/227/RVD], son amendement 1 (2016-09) [documents 22F/375/CDV et 22F/394A/RVC] et son amendement 2 (2022-10) [documents 22F/670/CDV et 22F/691/RVC].

Cette version Finale ne montre pas les modifications apportées au contenu technique par les amendements 1 et 2. Une version Redline montrant toutes les modifications est disponible dans cette publication.

La Norme Internationale IEC 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 l'IEC: Electronique de puissance.

Cette version constitue une révision technique combinée à une expérience en ingénierie.

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

Le comité a décidé que le contenu de la publication de base et de ses amendements 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 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:

Article 1 - Domaine d'application

Article 2 - Références normatives

Article 3 - Termes et définitions

Article 4 - Objectifs des essais systèmes

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.

Article 5 - Essai du poste de conversion

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.

Article 6 - Essais de transmission

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.

Article 7 - Essai de fonctionnement

Après la réalisation de l'essai système, la période d'essai de fonctionnement est normalement spécifiée afin de vérifier la transmission classique.

Article 8 - Plan d'essai du système et documentation

Les Articles 5 à 7 comprennent des sections individuelles contenant l'introduction, les objectifs, 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 monopolaires 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 des 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).

IEC 60633:2019, *Transport d'énergie en courant continu à haute tension (CCHT) – Vocabulaire*

IEC/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*