



IEEE

IEC/IEEE 65700-19-03

Edition 1.0 2014-07

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Bushings for DC application

Traversées pour application en courant continu

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 29.080.20

ISBN 978-2-8322-6336-5

**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.**

CONTENTS

FOREWORD.....	6
INTRODUCTION.....	8
1 Scope.....	9
2 Normative references.....	9
3 Terms, definitions and symbols.....	10
3.1 Terms and definitions.....	10
3.2 List of variables.....	12
4 Ratings.....	13
4.1 Rated voltages.....	13
4.1.1 Rated continuous DC voltage.....	13
4.1.2 Rated peak voltage.....	13
4.2 Insulation levels.....	13
4.3 Rated currents.....	13
4.3.1 Pure DC applications.....	13
4.3.2 Combined voltage applications.....	14
4.4 Rated frequency.....	14
4.5 Pollution parameters.....	14
5 Operating conditions.....	15
5.1 General.....	15
5.2 Factors affecting the design, testing and application.....	16
5.3 Altitude correction.....	17
5.4 Interchangeability.....	18
6 General requirements.....	19
6.1 Electrical requirements.....	19
6.2 Mechanical requirements.....	19
6.3 Nameplate markings.....	19
7 Test requirements.....	20
7.1 General requirements.....	20
7.2 Test Conditions.....	20
7.2.1 Air temperature.....	20
7.2.2 Humidity.....	20
7.2.3 Correction factors.....	20
7.3 Test classification.....	21
7.3.1 Type (or design) tests.....	21
7.3.2 Routine tests.....	22
7.3.3 Special tests.....	22
8 Type tests.....	22
8.1 Dry power-frequency voltage withstand test with partial discharge measurement.....	22
8.1.1 Applicability.....	22
8.1.2 Test method and requirements.....	22
8.1.3 Acceptance.....	22
8.2 Dry lightning impulse voltage withstand test (BIL).....	22
8.2.1 Applicability.....	22
8.2.2 Test method and requirements.....	22

8.2.3	Acceptance	23
8.3	Dry or wet switching impulse voltage withstand test (SIL).....	23
8.3.1	Applicability.....	23
8.3.2	Test method and requirements	23
8.3.3	Acceptance	23
8.4	Electromagnetic compatibility tests (EMC)	23
8.4.1	Emission test	23
8.4.2	Immunity test	24
8.5	Temperature rise test	24
8.5.1	Applicability.....	24
8.5.2	Test method and requirements	24
8.5.3	Acceptance	25
8.6	Cantilever load withstand test.....	25
8.6.1	Applicability.....	25
8.6.2	Test method and requirements	25
8.6.3	Acceptance	26
8.7	Tightness test on liquid-filled, compound-filled and liquid-insulated bushings	26
8.8	Internal pressure test on gas-filled, gas-insulated and gas-impregnated bushings	26
8.9	Verification of dimensions	27
8.10	Draw-lead bushing cap pressure test.....	27
8.10.1	Applicability.....	27
8.10.2	Test method and requirements	27
8.10.3	Acceptance	27
9	Routine tests	27
9.1	Measurement of dielectric dissipation factor ($\tan \delta$) and capacitances	27
9.1.1	Applicability.....	27
9.1.2	Test method and requirements	27
9.1.3	Acceptance	27
9.2	Dry lightning impulse voltage withstand test (BIL)	28
9.2.1	Applicability.....	28
9.2.2	Test method and requirements	28
9.2.3	Acceptance	28
9.3	Dry power-frequency voltage withstand test with partial discharge measurement	28
9.3.1	Applicability.....	28
9.3.2	Test method and requirements	28
9.3.3	Acceptance	29
9.4	DC applied voltage withstand test with partial discharge measurement.....	29
9.4.1	Applicability.....	29
9.4.2	Test method and requirements	30
9.4.3	Acceptance	30
9.5	Polarity reversal test with partial discharge measurement	31
9.5.1	Applicability.....	31
9.5.2	Test method and requirements	31
9.5.3	Acceptance	32
9.6	Dry Switching impulse withstand test	32
9.6.1	Applicability.....	32
9.6.2	Test method and requirements	33

9.6.3	Acceptance	33
9.7	Test of tap insulation	33
9.8	Internal pressure test on gas-filled, gas-insulated and gas-impregnated bushings	33
9.9	Tightness test on liquid-filled, compound-filled and liquid-insulated bushings	33
9.10	Tightness test on gas-filled, gas-insulated and gas-impregnated bushings	33
9.11	Tightness test at the flange or other fixing device	33
9.12	Visual inspection and dimensional check	33
10	Special tests	33
10.1	Artificial pollution test	34
10.1.1	Applicability	34
10.1.2	Test method and requirements	34
10.1.3	Acceptance	34
10.2	Even wetting DC voltage test	34
10.2.1	Applicability	34
10.2.2	Test method and requirements	34
10.2.3	Acceptance	35
10.3	Uneven wetting DC voltage test	35
10.3.1	Applicability	35
10.3.2	Test method and requirements	35
10.3.3	Acceptance	35
11	Recommendations for transport, storage, erection, operation and maintenance	36
11.1	Conditions during transport, storage and installation	36
11.2	Installation	36
11.3	Unpacking and lifting	36
11.4	Assembly	36
11.4.1	Mounting	36
11.4.2	Connections	37
11.4.3	Final installation inspection	37
11.5	Operation	37
11.6	Maintenance	38
11.6.1	General	38
11.6.2	Recommendation for the manufacturer	38
11.6.3	Recommendations for the user	38
11.6.4	Failure report	39
12	Safety	40
12.1	Electrical aspects	40
12.2	Mechanical aspects	40
12.3	Thermal aspects	40
13	Environmental aspects	40
Annex A	(informative)	41
A.1	Bushings used in voltage source converters (VSC) HVDC schemes	41
A.1.1	Introduction	41
A.1.2	Design	43
A.1.3	Tests	44
A.1.4	Supporting Published Material	44
Annex B	(informative)	45

B.1	Temperature rise test methods for the determination of the equivalent test current	45
B.1.1	Introduction	45
B.2	Basics concerning the losses in distorted operation	45
B.3	Analytical calculation	46
B.4	Finite element method calculation	46
B.5	Calculation by enhancement factors as described in IEC 61378–1	47
B.6	Examples of calculation	48
B.6.1	Calculation based on the analytical method	49
B.6.2	Calculation based on Finite Element Method	50
B.6.3	Calculation based on the enhancement factor according IEC 61378–1	51
B.7	References	52
	Bibliography	53
	Figure 1 – Altitude correction factor	18
	Figure 2 – Polarity reversal test profile	31
	Figure A.1 – Two-level VSC HVDC converter station applied in a bipolar scheme with DC cable transmission	42
	Figure A.2 – Multi-level VSC HVDC converter station applied in a monopolar scheme with DC overhead line transmission	43
	Table 1 – Temperature of ambient air and immersion media (see 5.1)	16
	Table 2 – Type, routine and special tests	21
	Table 3 – Minimum values of cantilever withstand load	26
	Table 4 – Maximum values of $\tan \delta$ and $\tan \delta$ increase	28
	Table 5 – Maximum values of partial discharge quantity	29
	Table B.1 – Valve side connected bushing current harmonic spectrum	48
	Table B.2 – Calculation based on the analytical method	49
	Table B.3 – Calculation based on Finite Element Method	50
	Table B.4 – Calculation based IEC 61378-1 enhancement factor F_{CE}	51

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

BUSHINGS FOR DC APPLICATION**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.

IEEE Standards documents are developed within IEEE Societies and Standards Coordinating Committees of the IEEE Standards Association (IEEE-SA) Standards Board. IEEE develops its standards through a consensus development process, approved by the American National Standards Institute, which brings together volunteers representing varied viewpoints and interests to achieve the final product. Volunteers are not necessarily members of IEEE and serve without compensation. While IEEE administers the process and establishes rules to promote fairness in the consensus development process, IEEE does not independently evaluate, test, or verify the accuracy of any of the information contained in its standards. Use of IEEE Standards documents is wholly voluntary. IEEE documents are made available for use subject to important notices and legal disclaimers (see <http://standards.ieee.org/IPR/disclaimers.html> for more information).

IEC collaborates closely with IEEE in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations. This Dual Logo International Standard was jointly developed by the IEC and IEEE under the terms of that agreement.

- 2) The formal decisions 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. The formal decisions of IEEE on technical matters, once consensus within IEEE Societies and Standards Coordinating Committees has been reached, is determined by a balanced ballot of materially interested parties who indicate interest in reviewing the proposed standard. Final approval of the IEEE standards document is given by the IEEE Standards Association (IEEE-SA) Standards Board.
- 3) IEC/IEEE Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees/IEEE Societies in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC/IEEE Publications is accurate, IEC or IEEE 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 (including IEC/IEEE Publications) transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC/IEEE Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC and IEEE do not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC and IEEE are 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 IEEE or their directors, employees, servants or agents including individual experts and members of technical committees and IEC National Committees, or volunteers of IEEE Societies and the Standards Coordinating Committees of the IEEE Standards Association (IEEE-SA) Standards Board, 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/IEEE Publication or any other IEC or IEEE 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 implementation of this IEC/IEEE Publication may require use of material covered by patent rights. By publication of this standard, no position is taken with respect to the existence or validity of any patent rights in connection therewith. IEC or IEEE shall not be held responsible for identifying Essential Patent Claims for which a license may be required, for conducting inquiries into the legal validity or scope of Patent Claims or determining whether any licensing terms or conditions provided in connection with submission of a Letter of Assurance, if any, or in any licensing agreements are reasonable or non-discriminatory. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any patent rights, and the risk of infringement of such rights, is entirely their own responsibility.

This International Standard has been prepared by a joint working group of sub-committee 36A: Insulated bushings, of IEC technical committee 36: Insulators and Bushing subcommittee of the IEEE-PES transformer committee¹.

This bilingual version (2019-01) corresponds to the monolingual English version, published in 2014-07.

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

FDIS	Report on voting
36A/173/FDIS	36A/174/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.

¹ A list of IEEE participants can be found at the following URL:
<http://standards.ieee.org/downloads/65700/65700-19-03-2014/65700-19-03-2014_wg-participants.pdf>.

INTRODUCTION

In this first edition of IEC/IEEE 65700-19-03, service experiences as well as established market requirements have been harmonized with existing IEC and IEEE standards, primarily:

IEC 60137, *Insulated bushings for alternating voltages above 1 000 V*

IEC 62199, *Bushings for DC application*

IEEE Std C57.19.00™, *IEEE Standard General Requirements and Test Procedures for Outdoor Power Apparatus Bushings*

IEEE Std C57.19.03™, *IEEE Standard Requirements, Terminology and Test Code for Bushings for DC Application*

This dual numbered standard replaces the previous IEC and IEEE DC bushing standards.

Where applicable, reference is also made to the following standards:

IEC 61462, *Composite insulators – Hollow insulators for use in outdoor and indoor electrical equipment*; and

IEC 62155, *Hollow pressurized and unpressurized ceramic and glass insulators for use in electrical equipment with rated voltages greater than 1 000 V*.

Non-ceramic bushing insulators are widely used in DC applications and this standard applies to similar qualification procedures on all types of insulators, except for the artificial pollution test. Preparation of a bushing for an artificial pollution test destroys the surface of a composite insulator and therefore cannot be performed on such bushings.

The range of type tests and routine tests has been carefully planned, considering that high voltage direct current (HVDC) power transmission is a mature technology, but still with limited service experience compared to AC systems and voltage coordination may vary with different system HVDC design practices.

Work on IEEE Std C57.19.03 edition 1 was started in 1988 within the Working Group on Bushings for DC Applications of the Bushing Subcommittee of the IEEE Transformers Committee. The working group decided to address requirements for these bushings in a self-standing document because many problems specific to this type of bushing were being experienced within the industry and other available standards on bushings were inadequate for this purpose. The main reference for the resulting document was its counterpart for ac bushings, IEEE Std C57.19.00-1991 and IEC 60137. Requirements were also coordinated with the CIGRE Joint Working Group 12/14.10 as well as with the HVDC Converter Transformer and Smoothing Reactor Subcommittee of the IEEE Transformers Committee, which developed standards for these HVDC apparatus during the same time frame.

IEEE Std C57.19.03:1996 was approved by the IEEE-SA Standards Board on 20 June 1996 and published on 6 January 1997. During the reaffirmation process for this document in 2002, several errors in the document were reported. All known errors were corrected in a corrigendum in December 2005. This revised standard includes the corrections made in the corrigendum.

Work on IEC 62199 started in 2000 by IEC SC 36A, the insulated bushings subcommittee of IEC TC 36, the insulators technical committee, and was largely based on IEEE Std C57.19.03. Edition 1 was published in 2004.

After work on the revision of IEEE Std C57.19.03 was started by IEEE it was agreed at a meeting of IEC TC36 in Sao Paulo in 2008 to approach IEEE to establish a Joint Maintenance Team under the Dual Logo Standard procedure. This was agreed and work on the new document IEC/IEEE 65700-19-03 was started in 2009.

BUSHINGS FOR DC APPLICATION

1 Scope

This International Standard applies to outdoor and indoor bushings of any voltage used on DC systems, of capacitance graded or gas insulated types for use as components of oil-filled converter transformers and smoothing reactors, as well as air-to-air DC bushings. This standard does not apply to the following:

- cable terminations (potheads);
- bushings for instrument transformers;
- bushings for test power supplies;
- bushings applied with gaseous insulation (other than air at atmospheric pressure) external to the bushing;
- bushings for industrial application;
- bushings for traction application;
- bushings for distribution class transformers.

This standard makes reference to IEC 60137 for general terms and conditions and defines the special terms used, operating conditions, ratings, test procedures as well as general mechanical and electrical requirements for bushings for DC application.

2 Normative references

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

IEC 60050, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV)*. Available from: <http://www.electropedia.org/>

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

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

IEC 60071-5, *Insulation co-ordination – Part 5: Procedures for high-voltage direct current (HVDC) converter stations*

IEC 60076-1, *Power Transformers – Part 1: General*

IEC 60076-2, *Power Transformers – Part 2: Temperature rise for liquid-immersed transformers*

IEC 60076-7, *Power Transformers – Part 7: Loading guide for oil-immersed power transformers*

IEC 60137:2008, *Insulated bushings for alternating voltages above 1000 V*

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

IEC 60296, *Fluids for electrotechnical applications – Unused mineral insulating oils for transformers and switchgear*

IEC 60376, *Specification of technical grade sulfur hexafluoride (SF6) for use in electrical equipment*

IEC 60480, *Guidelines for the checking and treatment of sulfur hexafluoride (SF6) taken from electrical equipment and specification for its re-use*

IEC 60836, *Specifications for unused silicone insulating liquids for electrotechnical purposes*

IEC 60867, *Insulating liquids - Specifications for unused liquids based on synthetic aromatic hydrocarbons*

IEC 61245, *Artificial pollution tests on high-voltage insulators to be used on d.c. systems*

IEC 61378-2, *Converter transformers – Part 2: Transformers for HVDC Applications*

IEC 61462, *Composite hollow insulators – Pressurized and unpressurized insulators for use in electrical equipment with rated voltage greater than 1 000 V – Definitions, test methods, acceptance criteria and design recommendations*

IEC 62155, *Hollow pressurized and unpressurized ceramic and glass insulators for use in electrical equipment with rated voltages greater than 1 000 V*

CISPR 16-1 (all parts), *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods*

CISPR 18-2, *Radio interference characteristics of overhead power lines and high-voltage equipment – Parts 2: Methods of measurement and procedure for determining limits*

IEEE Std C57.19.00™-2004, *IEEE General Requirements and Test Procedures for Outdoor Apparatus Bushings (ANSI)*

IEEE Standards Dictionary Online²

² Subscription is available at http://www.ieee.org/portal/innovate/products/standard/standards_dictionary.html

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	58
INTRODUCTION	60
1 Domaine d'application	62
2 Références normatives	62
3 Termes, définitions et symboles	63
3.1 Termes et définitions	63
3.2 Liste des variables	66
4 Caractéristiques assignées	66
4.1 Tensions assignées	66
4.1.1 Tension continue permanente assignée	66
4.1.2 Tension de crête assignée	66
4.2 Niveaux d'isolement	67
4.3 Courants assignés	67
4.3.1 Applications à courant continu pures	67
4.3.2 Applications de tension combinées	67
4.4 Fréquence assignée	68
4.5 Paramètres de pollution	68
5 Conditions de service	68
5.1 Généralités	68
5.2 Facteurs influant sur la conception, l'essai et l'application	69
5.3 Correction de l'altitude	70
5.4 Interchangeabilité	71
6 Exigences générales	72
6.1 Exigences électriques	72
6.2 Exigences mécaniques	72
6.3 Marquages de la plaque d'identification	72
7 Exigences d'essai	73
7.1 Exigences générales	73
7.2 Conditions d'essai	73
7.2.1 Température ambiante	73
7.2.2 Humidité	73
7.2.3 Facteurs de correction	74
7.3 Classification des essais	74
7.3.1 Essais de type (ou de conception)	74
7.3.2 Essais individuels de série	75
7.3.3 Essais spéciaux	75
8 Essais de type	76
8.1 Essai de tenue en tension à fréquence industrielle à sec avec mesurage des décharges partielles	76
8.1.1 Applicabilité	76
8.1.2 Méthode d'essai et exigences	76
8.1.3 Acceptation	76
8.2 Essai de tenue en tension aux chocs de foudre à sec (BIL)	76
8.2.1 Applicabilité	76
8.2.2 Méthode d'essai et exigences	76

8.2.3	Acceptation	77
8.3	Essai de tenue en tension de chocs de manœuvre à sec ou sous pluie (SIL)	77
8.3.1	Applicabilité	77
8.3.2	Méthode d'essai et exigences.....	77
8.3.3	Acceptation	77
8.4	Essais de compatibilité électromagnétique (CEM).....	77
8.4.1	Essai d'émission	77
8.4.2	Essai d'immunité.....	78
8.5	Essai d'échauffement	78
8.5.1	Applicabilité	78
8.5.2	Méthode d'essai et exigences.....	78
8.5.3	Acceptation.....	79
8.6	Essai de tenue à la charge de flexion	79
8.6.1	Applicabilité	79
8.6.2	Méthode d'essai et exigences.....	79
8.6.3	Acceptation	80
8.7	Essai d'étanchéité sur des traversées à remplissage de liquide, à remplissage de mélange et à isolation liquide	80
8.8	Essai de pression interne des traversées à remplissage de gaz, à isolation gazeuse et à imprégnation gazeuse.....	80
8.9	Vérification des dimensions	80
8.10	Essai de pression du capot d'une traversée à conducteur démontable	81
8.10.1	Applicabilité	81
8.10.2	Méthode d'essai et exigences.....	81
8.10.3	Acceptation.....	81
9	Essais individuels de série	81
9.1	Mesurage du facteur de dissipation diélectrique ($\tan \delta$) et de la capacité.....	81
9.1.1	Applicabilité	81
9.1.2	Méthode d'essai et exigences.....	81
9.1.3	Acceptation	81
9.2	Essai de tenue en tension aux chocs de foudre à sec (BIL).....	82
9.2.1	Applicabilité	82
9.2.2	Méthode d'essai et exigences.....	82
9.2.3	Acceptation.....	82
9.3	Essai de tenue en tension à fréquence industrielle à sec avec mesurage des décharges partielles	82
9.3.1	Applicabilité	82
9.3.2	Méthode d'essai et exigences.....	82
9.3.3	Acceptation	83
9.4	Essai de tenue à la tension continue appliquée avec mesurage des décharges partielles	83
9.4.1	Applicabilité	83
9.4.2	Méthode d'essai et exigences.....	83
9.4.3	Acceptation	84
9.5	Essai de polarité inverse avec mesurage des décharges partielles.....	84
9.5.1	Applicabilité	84
9.5.2	Méthode d'essai et exigences.....	85
9.5.3	Acceptation	86
9.6	Essai de tenue aux chocs de manœuvre à sec	86
9.6.1	Applicabilité	86

9.6.2	Méthode d'essai et exigences.....	87
9.6.3	Acceptation.....	87
9.7	Essai de l'isolement des prises.....	87
9.8	Essai de pression interne des traversées à remplissage de gaz, à isolation gazeuse et à imprégnation gazeuse.....	87
9.9	Essai d'étanchéité sur des traversées à remplissage de liquide, à remplissage de mélange et à isolation liquide.....	87
9.10	Essai d'étanchéité des traversées à remplissage de gaz, à isolation gazeuse et à imprégnation gazeuse.....	87
9.11	Essai d'étanchéité de la bride ou autre dispositif de fixation.....	87
9.12	Examen visuel et vérification des dimensions.....	87
10	Essais spéciaux.....	87
10.1	Essai de pollution artificielle.....	88
10.1.1	Applicabilité.....	88
10.1.2	Méthode d'essai et exigences.....	88
10.1.3	Acceptation.....	88
10.2	Essai de tension continue sous humidité uniforme.....	88
10.2.1	Applicabilité.....	88
10.2.2	Méthode d'essai et exigences.....	88
10.2.3	Acceptation.....	89
10.3	Essai de tension continue sous humidité non uniforme.....	89
10.3.1	Applicabilité.....	89
10.3.2	Méthode d'essai et exigences.....	89
10.3.3	Acceptation.....	90
11	Recommandations pour le transport, le stockage, le montage, l'exploitation et la maintenance.....	90
11.1	Conditions applicables au transport, au stockage et à l'installation.....	90
11.2	Installation.....	90
11.3	Déballage et levage.....	90
11.4	Assemblage.....	91
11.4.1	Montage.....	91
11.4.2	Connexions.....	91
11.4.3	Examen final de l'installation.....	91
11.5	Exploitation.....	92
11.6	Maintenance.....	92
11.6.1	Généralités.....	92
11.6.2	Recommandations au fabricant.....	92
11.6.3	Recommandations à l'utilisateur.....	93
11.6.4	Compte-rendu de panne.....	93
12	Sécurité.....	94
12.1	Aspects électriques.....	95
12.2	Aspects mécaniques.....	95
12.3	Aspects thermiques.....	95
13	Aspects liés à l'environnement.....	95
	Annexe A (informative).....	96
A.1	Traversées utilisées dans les schémas CCHT à convertisseurs de source de tension (VSC).....	96
A.1.1	Introduction.....	96
A.1.2	Conception.....	98

A.1.3	Essais.....	99
A.1.4	Documentation d'appui publiée.....	99
Annexe B (informative)	100
B.1	Méthodes d'essai d'échauffement pour la détermination du courant équivalent d'essai	100
B.1.1	Introduction.....	100
B.2	Éléments fondamentaux concernant les pertes dans les opérations de distorsion	100
B.3	Calcul analytique.....	101
B.4	Calcul selon la méthode des éléments finis.....	102
B.5	Calcul par le biais des facteurs d'accroissement décrits dans --l'IEC 61378-1	103
B.6	Exemples de calculs.....	103
B.6.1	Calcul basé sur la méthode analytique.....	104
B.6.2	Calcul basé sur la méthode des éléments finis	105
B.6.3	B.6.3 Calcul basé sur le facteur d'accroissement de l'IEC 61378-1.....	107
B.7	Références	108
Bibliographie	109
Figure 1	– Facteur de correction d'altitude	71
Figure 2	– Profil d'essai de polarité inverse	85
Figure A.1	– Station de conversion VSC CCHT à deux niveaux appliquée dans un schéma bipolaire avec transmission par câble à courant continu.....	97
Figure A.2	– Station de conversion VSC CCHT multiniveau appliquée dans un schéma unipolaire avec transmission par ligne aérienne à courant continu	98
Tableau 1	– Température de l'air ambiant et des milieux d'immersion (voir 5.1)	69
Tableau 2	– Essais de type, individuels de série et spéciaux.....	75
Tableau 3	– Valeurs minimales de la tenue à la charge de flexion.....	79
Tableau 4	– Valeurs maximales de $\tan \delta$ et de l'augmentation de $\tan \delta$	81
Tableau 5	– Valeurs maximales de la quantité de décharges partielles	83
Tableau B.1	– Spectre harmonique de courant d'une traversée raccordée côté valve	103
Tableau B.2	– Calcul basé sur la méthode analytique	105
Tableau B.3	– Calcul basé sur la méthode des éléments finis	106
Tableau B.4	– Calcul basé sur le facteur d'accroissement F_{CE} de l'IEC 61378-1	107

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

TRAVERSÉES POUR APPLICATION EN COURANT CONTINU
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.

Les documents normatifs de l'IEEE sont développés au sein des sociétés de l'IEEE et des Comités de Coordination des normes du Conseil des normes de l'Association des normes IEEE (IEEE-SA). L'IEEE développe ses normes par le biais d'un processus de développement de consensus approuvé par l'American National Standard Institute, qui rassemble des volontaires représentant divers points de vue et divers intérêts pour parvenir au produit final. Les volontaires ne sont pas nécessairement des membres de l'Institut et aucune compensation ne leur est attribuée. Bien que l'IEEE administre le processus et établisse des règles pour favoriser l'équité au cours du processus de développement du consensus, l'IEEE n'évalue pas, ne teste pas ou ne vérifie pas de manière indépendante l'exactitude des informations contenues dans ses normes. L'utilisation de normes de l'IEEE est entièrement volontaire. Les documents de l'IEEE sont disponibles à des fins d'utilisation, à condition d'être assortis d'avis importants et de clauses de non-responsabilité (voir <http://standards.ieee.org/IPR/disclaimers.html> pour de plus amples informations).

L'IEC collabore étroitement avec l'IEEE, selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations. Cette norme internationale double logo a été élaborée conjointement par l'IEC et l'IEEE, conformément aux dispositions de cet accord.

- 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. Les décisions ou accords officiels de l'ISO concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés étant donné que les comités intéressés sont représentés dans chaque comité membre de l'ISO. Une fois le consensus établi entre les Sociétés de l'IEEE et les Comités de coordination des normes, les décisions officielles de l'IEEE relatives aux questions techniques sont déterminées en fonction du vote exprimé par un groupe à la composition équilibrée, composé de parties intéressées qui manifestent leur intérêt pour la révision des normes proposées. L'approbation finale de la norme de l'IEEE est soumise au Conseil de normalisation de l'IEEE Standards Association (IEEE-SA).
- 3) Les Publications de l'IEC/IEEE se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC/Sociétés de l'IEEE. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC/IEEE s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC ou l'IEEE 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 (y compris les Publications IEC/IEEE) dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications IEC/IEEE et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) L'IEC et l'IEEE elles-mêmes ne fournissent 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 et l'IEEE ne sont responsables 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 ou l'IEEE, à leurs administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris leurs experts particuliers et les membres de leurs comités d'études et des Comités nationaux de l'IEC, ou des bénévoles des Sociétés de l'IEEE et des Comités de Coordination des normes du Conseil des normes de l'IEEE Standards Association (IEEE-SA), 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/IEEE ou toute autre publication de l'IEC ou de l'IEEE, 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/IEEE peuvent faire l'objet de droits de brevet. En publiant cette norme, aucun parti n'est pris concernant l'existence ou la validité de droits de brevet y afférents. Ni l'IEC ni l'IEEE ne peuvent être tenus d'identifier les revendications de brevet essentielles pour lesquelles une autorisation peut s'avérer nécessaire, d'effectuer des recherches sur la validité juridique ou l'étendue des revendications des brevets, ou de déterminer le caractère raisonnable ou non discriminatoire des termes ou conditions d'autorisation énoncés dans le cadre d'un Certificat d'assurance, lorsque la demande d'un tel certificat a été formulée, ou contenus dans tout accord d'autorisation. Les utilisateurs de cette norme sont expressément informés du fait que la détermination de la validité de tous les droits de propriété industrielle, ainsi que les risques qu'implique la violation de ces droits, relèvent entièrement de leur seule responsabilité.

La présente Norme internationale a été établie par un groupe de travail commun du sous-comité 36A: Traversées isolées, du comité d'études 36 de l'IEC: Isolateurs, et du sous-comité «Bushing» (Traversées) du comité «Transformer» (Transformateurs) de l'IEEE-PES¹.

La présente version bilingue (2019-01) correspond à la version anglaise monolingue publiée en 2014-07.

Le texte anglais de cette norme est issu des documents 36A/173/FDIS et 36A/174/RVD.

Le rapport de vote 36A/174/RVD donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette norme.

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

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

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

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

¹ Une liste des participants de l'IEEE peut être consultée à l'adresse universelle suivante:
http://standards.ieee.org/downloads/65700/65700-19-03-2014/65700-19-03-2014_wq-participants.pdf.

INTRODUCTION

Dans cette première édition de l'IEC/IEEE 65700-19-03, les exigences relatives aux expériences de fonctionnement et au marché établi ont été harmonisées avec des normes IEC et IEEE existantes, principalement:

IEC 60137, *Traversées isolées pour tensions alternatives supérieures à 1 000 V*

IEC 62199, *Traversées pour application en courant continu*

IEEE Std C57.19.00™, *IEEE Standard General Requirements and Test Procedures for Outdoor Power Apparatus Bushings* (disponible en anglais seulement)

IEEE Std C57.19.03™, *IEEE Standard Requirements, Terminology and Test Code for Bushings for DC Application* (disponible en anglais seulement)

La présente norme à deux chiffres remplace les normes IEC et IEEE précédentes relatives aux traversées à courant continu.

Le cas échéant, une référence est aussi faite aux normes suivantes:

IEC 61462, *Isolateurs composites creux – Isolateurs avec ou sans pression interne pour utilisation dans des appareillages électriques de tensions nominales supérieures à 1 000 V – Définitions, méthodes d'essais, critères d'acceptation et recommandations de conception*

IEC 62155, *Isolateurs creux avec ou sans pression interne, en matière céramique ou en verre, pour utilisation dans des appareillages prévus pour des tensions nominales supérieures à 1 000 V*

Les isolateurs des traversées en matière non céramique sont largement utilisés dans les applications à courant continu et la présente norme s'applique aux procédures similaires de qualification sur tous les types d'isolateurs, excepté pour l'essai de pollution artificielle. La préparation d'une traversée pour un essai de pollution artificielle détruit la surface d'un isolateur composite et par conséquent ne peut être exécutée sur de telles traversées.

L'étendue des essais de type et des essais individuels de série a été soigneusement planifiée, considérant que la transmission de puissance en courant continu et à haute tension (CCHT) est une technologie mature, mais reste avec une expérience de fonctionnement limitée comparé aux systèmes alternatifs. En outre, la coordination de tensions peut varier selon les différentes pratiques de conception CCHT des systèmes.

Les travaux concernant l'édition 1 de l'IEEE Std C57.19.03 ont débuté en 1988 au sein du Groupe de travail relatif aux Traversées pour les applications à courant continu du Sous-comité Bushing (Traversées) du Comité Transformers (Transformateurs) de l'IEEE. Le groupe de travail a décidé d'inclure des exigences relatives à ces traversées dans un document à part entière, car de nombreux problèmes spécifiques à ce type de traversée ont été observés dans le secteur et les autres normes disponibles concernant les traversées n'étaient pas appropriées à cet effet. La principale référence correspondant au document résultant est constituée par ses équivalents pour les traversées à courant alternatif: l'IEEE Std C57.19.00-1991 et l'IEC 60137. Les exigences ont également été coordonnées avec le Groupe de travail commun 12/14.10 du CIGRE ainsi que le Sous-comité HVDC Converter Transformer and Smoothing Reactor (Transformateurs de conversion CCHT et bobines de lissage) du Comité Transformers (Transformateurs) de l'IEEE, qui ont élaboré des normes pour ces appareillages CCHT au cours de la même période.

L'IEEE Std C57.19.03:1996 a été approuvée le 20 juin 1996 par le Conseil de normalisation de l'IEEE-SA et est parue le 6 janvier 1997. Pendant le processus de reconfirmation du présent document en 2002, plusieurs erreurs ont été signalées dans le document. Toutes les erreurs connues ont été corrigées dans un corrigendum en décembre 2005. La présente norme révisée comprend les corrections apportées dans le corrigendum.

Les travaux concernant l'IEC 62199 ont débuté en 2000 par le SC 36A (Traversées isolées) de l'IEC du TC 36 de l'IEC (Isolateurs), et étaient essentiellement fondés sur l'Édition 1 de l'IEEE Std C57.19.03, parue en 2004.

Après que l'IEEE a entamé les travaux relatifs à la révision de l'IEEE Std C57.19.03, le TC 36 de l'IEC a convenu lors de sa réunion à Sao Paulo en 2008 de prendre contact avec l'IEEE en vue de former un groupe de maintenance commun dans le cadre de la procédure d'une norme double logo. Ceci a été approuvé et les travaux relatifs au nouveau document IEC/IEEE 65700-19-03 ont débuté en 2009.

TRAVERSÉES POUR APPLICATION EN COURANT CONTINU

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale s'applique aux traversées d'extérieur et d'intérieur de toute tension utilisées sur des systèmes à courant continu, à répartition capacitive ou isolées au gaz, pour une utilisation comme composants des transformateurs de conversion remplis d'huile et des bobines de lissage, ainsi qu'aux traversées à courant continu air-à-air. La présente norme ne s'applique pas aux:

- sorties de câble (extrémités étanches);
- traversées pour transformateurs de mesure;
- traversées pour alimentations d'essai;
- traversées appliquées à l'isolation gazeuse (autre que la pression atmosphérique) extérieure à la traversée;
- traversées pour application industrielle;
- traversées pour application de traction;
- traversées pour transformateurs de classe de distribution.

La présente norme fait référence à l'IEC 60137 pour les termes généraux et les conditions générales et définit les termes spéciaux utilisés, les conditions de service, les caractéristiques assignées, les procédures d'essai tout comme les exigences générales dans le domaine mécanique et électrique concernant les traversées pour application en courant continu.

2 Références normatives

Les documents ci-après, dans leur intégralité ou non, sont des références normatives indispensables à 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 60050, *Vocabulaire Électrotechnique International (IEV)*. Disponible à l'adresse: <http://www.electropedia.org/>

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

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

IEC 60071-5, *Coordination de l'isolement – Partie 5: Procédures pour les stations de conversion à courant continu haute tension (CCHT)*

IEC 60076-1, *Transformateurs de puissance – Partie 1: Généralités*

IEC 60076-2, *Transformateurs de puissance – Partie 2: Échauffement des transformateurs immergés dans le liquide*

IEC 60076-7, *Power transformers – Part 7: Loading guide for mineral-oil-immersed power transformers* (disponible en anglais seulement)

IEC 60137:2008, *Traversées isolées pour tensions alternatives supérieures à 1 000 V*

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

IEC 60296, *Fluides pour applications électrotechniques – Huiles minérales isolantes neuves pour transformateurs et appareillages de connexion*

IEC 60376, *Spécification de la qualité technique de l'hexafluorure de soufre (SF₆) et des gaz complémentaires à employer dans les mélanges de SF₆ pour utilisation dans les appareils électriques*

IEC 60480, *Lignes directrices relatives au contrôle et au traitement de l'hexafluorure de soufre (SF₆) prélevé sur le matériel électrique et spécification en vue de sa réutilisation*

IEC 60836, *Spécifications pour liquides isolants silicones neufs pour usages électrotechniques*

IEC 60867, *Isolants liquides – Spécifications pour liquides neufs à base d'hydrocarbures aromatiques de synthèse*

IEC 61245, *Artificial pollution tests on high-voltage insulators to be used on d.c. systems* (disponible en anglais seulement)

IEC 61378-2, *Transformateurs de conversion – Partie 2: Transformateurs pour applications CCHT*

IEC 61462, *Isolateurs composites creux – Isolateurs avec ou sans pression interne pour utilisation dans des appareillages électriques de tensions nominales supérieures à 1 000 V – Définitions, méthodes d'essais, critères d'acceptation et recommandations de conception*

IEC 62155, *Isolateurs creux avec ou sans pression interne, en matière céramique ou en verre, pour utilisation dans des appareillages prévus pour des tensions nominales supérieures à 1 000 V*

CISPR 16-1 (toutes les parties), *Spécification des méthodes et des appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques*

CISPR 18-2, *Radio interference characteristics of overhead power lines and high-voltage equipment – Part 2: Methods of measurement and procedure for determining limits* (disponible en anglais seulement)

IEEE Std C57.19.00™-2004, *IEEE General Requirements and Test Procedures for Outdoor Apparatus Bushings (ANSI)*

IEEE Standards Dictionary Online²

² L'abonnement est disponible à l'adresse
http://www.ieee.org/portal/innovate/products/standard/standards_dictionary.html