

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**High-voltage switchgear and controlgear –
Part 212: Compact Equipment Assembly for Distribution Substation (CEADS)**

**Appareillage à haute tension –
Partie 212: Ensemble Compact d'Équipement pour Postes de Distribution
(ECEPD)**



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2016 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, no part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester. If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'IEC ou du Comité national de l'IEC du pays du demandeur. Si vous avez des questions sur le copyright de l'IEC ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de l'IEC de votre pays de résidence.

IEC Central Office
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel.: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00
info@iec.ch
www.iec.ch

About the IEC

The International Electrotechnical Commission (IEC) is the leading global organization that prepares and publishes International Standards for all electrical, electronic and related technologies.

About IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC. Please make sure that you have the latest edition, a corrigenda or an amendment might have been published.

IEC Catalogue - webstore.iec.ch/catalogue

The stand-alone application for consulting the entire bibliographical information on IEC International Standards, Technical Specifications, Technical Reports and other documents. Available for PC, Mac OS, Android Tablets and iPad.

IEC publications search - www.iec.ch/searchpub

The advanced search enables to find IEC publications by a variety of criteria (reference number, text, technical committee,...). It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Stay up to date on all new IEC publications. Just Published details all new publications released. Available online and also once a month by email.

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing 20 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in 15 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

65 000 electrotechnical terminology entries in English and French extracted from the Terms and Definitions clause of IEC publications issued since 2002. Some entries have been collected from earlier publications of IEC TC 37, 77, 86 and CISPR.

IEC Customer Service Centre - webstore.iec.ch/csc

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre: csc@iec.ch.

A propos de l'IEC

La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est la première organisation mondiale qui élabore et publie des Normes internationales pour tout ce qui a trait à l'électricité, à l'électronique et aux technologies apparentées.

A propos des publications IEC

Le contenu technique des publications IEC est constamment revu. Veuillez vous assurer que vous possédez l'édition la plus récente, un corrigendum ou amendement peut avoir été publié.

Catalogue IEC - webstore.iec.ch/catalogue

Application autonome pour consulter tous les renseignements bibliographiques sur les Normes internationales, Spécifications techniques, Rapports techniques et autres documents de l'IEC. Disponible pour PC, Mac OS, tablettes Android et iPad.

Recherche de publications IEC - www.iec.ch/searchpub

La recherche avancée permet de trouver des publications IEC en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...). Elle donne aussi des informations sur les projets et les publications remplacées ou retirées.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Restez informé sur les nouvelles publications IEC. Just Published détaille les nouvelles publications parues. Disponible en ligne et aussi une fois par mois par email.

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne de termes électroniques et électriques. Il contient 20 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 15 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

65 000 entrées terminologiques électrotechniques, en anglais et en français, extraites des articles Termes et Définitions des publications IEC parues depuis 2002. Plus certaines entrées antérieures extraites des publications des CE 37, 77, 86 et CISPR de l'IEC.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions contactez-nous: csc@iec.ch.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**High-voltage switchgear and controlgear –
Part 212: Compact Equipment Assembly for Distribution Substation (CEADS)**

**Appareillage à haute tension –
Partie 212: Ensemble Compact d'Équipement pour Postes de Distribution
(ECEPD)**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 29.130.10

ISBN 978-2-8322-3633-8

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	7
INTRODUCTION	9
1 General	10
1.1 Scope	10
1.2 Normative references	10
2 Normal and special service conditions	12
2.1 Normal service conditions	12
2.2 Special service conditions	12
3 Terms and definitions	12
4 Ratings	14
4.1 Rated voltage	14
4.2 Rated insulation level	15
4.3 Rated frequency (f_r)	15
4.4 Rated normal current and temperature rise	15
4.4.1 Rated normal current (I_r, I_{nA})	15
4.4.2 Temperature rise	15
4.5 Rated short-time withstand currents (I_k, I_{ke}, I_{cw})	16
4.5.101 Rated short-time phase to phase and rated short-time phase to earth withstand currents of high-voltage functional unit and rated short-time withstand current of high-voltage interconnection (I_k, I_{ke})	16
4.5.102 Rated short-time withstand currents of low-voltage functional unit and low-voltage interconnection (I_{cw})	16
4.5.103 Short-time withstand currents of high-voltage/low-voltage transformer functional unit	16
4.6 Rated peak withstand currents (I_p, I_{pe}, I_{pk})	16
4.6.101 Rated peak phase to phase and rated peak phase to earth withstand currents of high-voltage functional unit and rated peak withstand current of high-voltage interconnection (I_p, I_{pe})	16
4.6.102 Rated peak withstand currents of low-voltage and low-voltage interconnection (I_{pk})	17
4.6.103 Peak withstand currents of high-voltage/low-voltage transformer functional unit	17
4.7 Rated durations of short circuit (t_k, t_{ke}, t_{cw})	17
4.7.101 Rated duration of phase to phase short circuit (t_k) and rated duration of phase to earth short circuit (t_{ke}) of high-voltage functional unit and rated duration of short-circuit of high-voltage interconnection	17
4.7.102 Rated duration of short circuit (t_{cw}) for low-voltage functional unit and low-voltage interconnection	17
4.7.103 Duration of short circuit for high-voltage/low-voltage transformer functional unit	17
4.8 Rated supply voltage of closing and opening devices and of auxiliary and control circuits	17
4.9 Rated supply frequency of closing and opening devices and of auxiliary circuits	17
4.101 Rated power and total losses of CEADS	18
4.102 Ratings of the internal arc classification (IAC)	18
4.102.1 General	18
4.102.2 Types of accessibility (A, B, AB)	18
4.102.3 Classified sides	18

4.102.4	Rated arc fault currents (I_A , I_{Ae})	18
4.102.5	Rated arc fault duration (t_A , t_{Ae})	19
5	Design and construction	19
5.1	Requirements for liquids in switchgear and controlgear	19
5.2	Requirements for gases in switchgear and controlgear	20
5.3	Earthing of switchgear and controlgear	20
5.4	Auxiliary and control equipment	20
5.5	Dependent power operation	20
5.6	Stored energy operation	21
5.7	Independent manual or power operation (independent unlatched operation)	21
5.8	Operation of releases	21
5.9	Low- and high-pressure interlocking and monitoring devices	21
5.10	Nameplates	21
5.11	Interlocking devices	21
5.12	Position indication	21
5.13	Degrees of protection provided by enclosures	21
5.14	Creepage distances for outdoor insulators	22
5.15	Gas and vacuum tightness	22
5.16	Liquid tightness	22
5.17	Fire hazard (flammability)	22
5.18	Electromagnetic compatibility (EMC)	22
5.19	X-ray emission	22
5.20	Corrosion	23
5.101	Protection against mechanical stresses	23
5.102	Protection of the environment due to internal defects	23
5.103	Internal arc fault	23
5.104	Enclosures	24
5.105	Sound emission	24
5.106	Electromagnetic fields	24
6	Type tests	24
6.1	General	24
6.1.1	Grouping of tests	25
6.1.2	Information for identification of test objects	25
6.1.3	Information to be included in type-test reports	25
6.2	Dielectric tests	26
6.2.1	General	26
6.2.2	Dielectric tests on the high-voltage interconnection	26
6.2.3	Dielectric tests on the low-voltage interconnection	27
6.2.4	Dielectric tests on high-voltage functional unit	28
6.2.5	Dielectric tests on high-voltage/low-voltage transformer functional unit	28
6.2.6	Dielectric tests on low-voltage functional unit	28
6.2.7	Partial discharge test	29
6.3	Radio interference voltage (r.i.v) test	29
6.4	Measurement of the resistance of circuits	29
6.5	Temperature-rise tests	29
6.5.1	General	29
6.5.2	Test conditions	29
6.5.3	Test methods	30

6.5.4	Special case of dry-type high-voltage/low-voltage transformer functional unit	33
6.5.5	Measurements	33
6.6	Short-time withstand current and peak withstand current tests	35
6.6.1	Short-time and peak withstand current tests on main circuit of high-voltage and low-voltage functional units	35
6.6.2	Short-time and peak withstand current tests on high-voltage and low-voltage interconnections	35
6.6.3	Short-time and peak withstand current tests on earthing circuits	35
6.6.4	Short-time and peak withstand current tests on high-voltage/low-voltage transformer functional unit	36
6.7	Verification of the protection,	36
6.7.1	Verification of degree of protection (IP coding)	36
6.7.2	Verification of resistance to mechanical impacts (IK coding)	36
6.8	Tightness tests	36
6.9	Electromagnetic compatibility tests (EMC)	36
6.10	Additional tests on auxiliary and control circuits	36
6.10.1	General	36
6.10.2	Functional tests	37
6.10.3	Electrical continuity of earthed metallic parts test	37
6.10.4	Verification of the operational characteristics of auxiliary contacts	37
6.10.5	Environmental tests	37
6.10.6	Dielectric test	37
6.11	X-radiation test procedure for vacuum interrupters	37
6.101	Internal arc test	37
6.101.1	General	37
6.101.2	Test conditions	38
6.101.3	Arrangement of the equipment	38
6.101.4	Test procedure	39
6.101.5	Criteria to pass the test	39
6.101.6	Test report	39
6.101.7	Extension of validity of test results	40
6.102	Verification of making and breaking capacities	40
6.103	Mechanical operation tests	40
6.104	Mechanical stability test	40
6.105	Pressure withstand test for gas-filled compartments	40
6.106	Measurements of leakage currents of non-metallic enclosures	41
6.107	Weatherproofing test	41
6.108	Tightness and mechanical strength for liquid filled compartments	41
6.109	Measurement or calculation of electromagnetic fields	41
7	Routine tests	42
7.1	Dielectric tests on the main circuit	42
7.1.1	General	42
7.1.2	Dielectric tests on high-voltage functional unit	42
7.1.3	Dielectric tests on high-voltage/low-voltage transformer functional unit and high-voltage interconnection	43
7.1.4	Dielectric tests on low-voltage functional unit and low-voltage interconnection	43
7.2	Tests on auxiliary and control circuits	43
7.3	Measurement of the resistance of the main circuit	43

7.4	Tightness test	43
7.5	Design and visual checks	43
7.101	Mechanical operation tests on high-voltage functional unit	43
7.102	Pressure tests of gas-filled compartments	43
7.103	Tests of auxiliary electrical, pneumatic and hydraulic devices	44
7.104	Measurement of the resistance of the windings	44
7.105	Measurement of the voltage ratio	44
7.106	Measurement of the short circuit impedance and load losses	44
7.107	Measurement of no-load losses and current	44
7.108	Inspection of the low-voltage functional unit, including inspection of wiring and, if necessary, electrical operation test	44
7.109	Checking of protective measures and of the electrical continuity of the protective circuits of the low-voltage functional unit	44
7.110	Tests after assembly on site	44
8	Guide to the selection of CEADS	44
8.1	Selection of rated values	45
8.2	Continuous or temporary overload due to changed service conditions	45
8.101	Selection of internal arc classification	45
8.102	Information	47
9	Information to be given with enquiries, tenders and orders	51
9.1	Information with enquiries and orders	51
9.2	Information with tenders	52
10	Rules for transport, installation, operation and maintenance	52
10.1	Conditions during transport, storage and installation	53
10.2	Installation	53
10.2.1	Unpacking and lifting	53
10.2.2	Assembly	53
10.2.3	Mounting	53
10.2.4	Final installation inspection	53
10.3	Operation	53
10.4	Maintenance	54
10.5	Dismantling, recycling and disposal at the end of service life	54
11	Safety	54
11.101	Electrical aspects	54
11.102	Mechanical aspects	54
11.103	Thermal aspects	54
11.104	Internal arc aspects	54
12	Influence of the product on the environment	54
Annex AA (normative) Method for testing CEADS under conditions of arcing due to an internal arc fault		56
AA.1	General	56
AA.2	Room simulation	56
AA.3	Indicators (for assessing the thermal effects of the gases)	56
AA.3.1	General	56
AA.3.2	Arrangement of indicators	57
AA.4	Tolerances for geometrical dimensions of test arrangements	58
AA.5	Test parameters	58
AA.6	Test procedure	58
AA.7	Designation of the internal arc classification	59

Annex BB (normative) Test to verify the sound level of a CEADS.....	68
BB.1 Purpose	68
BB.2 Test object.....	68
BB.3 Test method.....	68
BB.4 Measurements	68
BB.5 Presentation and calculation of the results	68
Annex CC (informative) Types and application of CEADS	69
CC.1 Type of CEADS.....	69
CC.1.1 General	69
CC.1.2 CEADS-G	69
CC.1.3 CEADS-A	69
CC.1.4 CEADS-I.....	69
CC.2 Application of CEADS	69
Bibliography.....	73
Figure 1 – Test diagram in case of type tested high-voltage functional unit	31
Figure 2 – Test diagram in case of non-type tested high-voltage functional unit	31
Figure 3 – Alternative diagram in case of type tested high-voltage functional unit	32
Figure 4 – Diagram for the open-circuit test	33
Figure AA.1 – Mounting frame for vertical indicators	60
Figure AA.2 – Horizontal indicators	60
Figure AA.3 – Protection of operators in front of classified side(s) of CEADS.....	61
Figure AA.4 – Protection of general public around the CEADS	61
Figure AA.5 – Protection of operators in front of classified side(s) of CEADS having a pressure relief volume below the floor.....	62
Figure AA.6 – Protection of general public around the CEADS having a pressure relief volume below the floor	63
Figure AA.7 – Selection of tests on high-voltage switchgear for class IAC-A	64
Figure AA.8 – Selection of tests on high-voltage switchgear for class IAC-B	65
Figure AA.9 – Selection of tests on high-voltage interconnection for class IAC-A	66
Figure AA.10 – Selection of tests on high-voltage interconnection for class IAC-B	67
Figure CC.1 – Application of CEADS	70
Figure CC.2 – CEADS Type G	71
Figure CC.3 – CEADS Type A.....	71
Figure CC.4 – CEADS Type I.....	72
Table 1 – Locations, causes and examples of measures decreasing the probability of internal arc faults	45
Table 2 – Examples of measures limiting the consequences of internal arc faults	46
Table 3 – Summary of technical requirements, ratings for CEADS – Service conditions	47
Table 4 – Summary of technical requirements, ratings for CEADS – Ratings of the CEADS	48
Table 5 – Summary of technical requirements, ratings for CEADS – Design and construction of the CEADS	50

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

HIGH-VOLTAGE SWITCHGEAR AND CONTROLGEAR –

**Part 212: Compact Equipment Assembly
for Distribution Substation (CEADS)**

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 62271-212 has been prepared by subcommittee 17C: Assemblies, of IEC technical committee 17: High-voltage switchgear and controlgear.

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

FDIS	Report on voting
17C/645/FDIS	17C/650/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.

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

This International Standard should be read in conjunction with IEC 62271-1:2007, to which it refers and which is applicable unless otherwise specified. In order to simplify the indication of corresponding requirements, the same numbering of clauses and subclauses is used as in IEC 62271-1. Amendments to these clauses and subclauses are given under the same numbering, whilst additional subclauses, are numbered from 101.

A list of all parts of the IEC 62271 series can be found, under the general title *High-voltage switchgear and controlgear*, on the IEC website.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC website 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.

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

Traditionally a high-voltage/low-voltage distribution substation has been constructed by installing the main electrical components –high-voltage switchgear, distribution transformer(s) and the corresponding low-voltage distribution panel(s)- within a closed electrical operating area. It can be a room within a building intended for other (non electrical uses) or a separated housing (prefabricated or not) designed specifically to contain the electrical equipment of the substation or an open area limited by fences.

Some years ago in the search for a more standardized and compact substation, the concept of prefabricated substation was developed. IEC 62271-202 covers this type of substation. According to this document, the main electrical components (high-voltage switchgear, transformer and low-voltage switchgear) are fully in compliance with their respective product standard, and the whole substation, including interconnections and enclosure is designed and type tested and later manufactured and routine tested in the factory. Correspondingly the quality of the substation is assured by the manufacturer.

Moreover, also other types of assemblies have been introduced in the market. These are assemblies comprising the main electrical active components of the substation and their interconnections, delivered as a single product. The product can therefore be type tested, manufactured, routine tested in the factory, transported and then installed in a closed electrical operating area.

This type of factory assembled and type-tested product is covered by this document receiving the generic name CEADS from Compact Equipment Assembly for Distribution Substation. Numerous arrangements are possible and this document provides guidance on basic types of assemblies, which might be envisaged.

A CEADS is not covered by IEC 61936-1. However CEADS is intended to become part of a distribution substation.

Taking into account the closer proximity of the components that even can share some parts (enclosure, solid or fluid insulation...) it is very relevant to pay attention to the potential interaction between them. Therefore to cover CEADS is neither sufficient nor always applicable to refer to the relevant product standards. This document covers any additional design and construction requirements and test methods applicable to the different types of CEADS. In addition to the specified characteristics, particular attention has been paid to the specification concerning the protection of persons, both operators and general public.

The CEADS is also for the interest of committee TC 14: Power transformers, and committee TC 121: Switchgear and controlgear and their assemblies for low voltage.

HIGH-VOLTAGE SWITCHGEAR AND CONTROLGEAR –

Part 212: Compact Equipment Assembly for Distribution Substation (CEADS)

1 General

1.1 Scope

This part of IEC 62271 specifies the service conditions, rated characteristics, general structural requirements and test methods of the assemblies of the main electrical functional units of a high-voltage/low-voltage distribution substation, duly interconnected, for alternating current of rated operating voltages above 1 kV and up to and including 52 kV on the high-voltage side, service frequency 50 Hz or 60 Hz. This assembly is to be cable-connected to the network, and intended for installation within an indoor or outdoor closed electrical operating area.

A Compact Equipment Assembly for Distribution Substation (CEADS) as defined in this document is designed and tested to be a single product with a single serial number and one set of documentation.

The functions of a CEADS are:

- switching and control for the operation of the high-voltage circuit(s);
- protection of the high-voltage/low-voltage transformer functional unit;
- high-voltage/low-voltage transformation;
- switching and control for the operation and protection of the low-voltage feeders.

However relevant provisions of this document are also applicable to designs where not all of these functions exist (e.g. equipment comprising only high-voltage/low-voltage transformation and switching and control for the operation and protection of the low-voltage feeder functions or equipment without switching and control for the operation of the high-voltage circuit(s)).

NOTE For the purpose of this document a self-protected transformer is considered not as a CEADS, but as a functional unit, designed and type tested to its own product standard IEC 60076-13:2006.

1.2 Normative references

The following documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60050-441:1984, *International Electrotechnical Vocabulary – Switchgear, controlgear and fuses*

IEC 60050-461:2008, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 461: Electric cables*

IEC 60076 (all parts), *Power transformers*

IEC 60076-1:2011, *Power transformers – Part 1: General*

IEC 60076-2:2011, *Power transformers – Part 2: Temperature rise for liquid-immersed transformers*

IEC 60076-3:2013, *Power transformers – Part 3: Insulation levels, dielectric tests and external clearances in air*

IEC 60076-5:2006, *Power transformers – Part 5: Ability to withstand short circuit*

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

IEC 60076-10:2016, *Power transformers – Part 10: Determination of sound levels*

IEC 60076-11:2004, *Power transformers – Part 11: Dry-type transformers*

IEC 60076-12:2008, *Power transformers – Part 12: Loading guide for dry-type power transformers*

IEC 60076-15:2015, *Power transformers – Part 15: Gas-filled power transformers*

IEC 60243-1:2013, *Electrical strength of insulating materials – Test methods – Part 1: Tests at power frequencies*

IEC 60364-4-41:2005, *Low-voltage electrical installations – Part 4-41: Protection for safety – Protection against electric shock*

IEC 60529:1989, *Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)*

IEC 60664-1:2007, *Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 1: Principles, requirements and tests*

IEC 60721-1:1990, *Classification of environmental conditions – Part 1: Environmental parameters and their severities*

IEC 60721-2-2:2012, *Classification of environmental conditions – Part 2-2: Environmental conditions appearing in nature – Precipitation and wind*

IEC 60721-2-4:1987, *Classification of environmental conditions – Part 2-4: Environmental conditions appearing in nature – Solar radiation and temperature*

IEC TS 60815 (all parts), *Selection and dimensioning of high-voltage insulators intended for use in polluted conditions*

IEC 60947-1:2007, *Low-voltage switchgear and controlgear – Part 1: General rules*

IEC 61439 (all parts)¹, *Low-voltage switchgear and controlgear assemblies*

IEC 61439-1:2011, *Low-voltage switchgear and controlgear assemblies – Part 1: General rules*

IEC 62262:2002, *Degrees of protection provided by enclosures for electrical equipment against external mechanical impacts (IK code)*

IEC 62271-1:2007, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 1: Common specifications*
IEC 62271-1:2007/AMD1:2011

¹ This series will supersede some parts of IEC 60439 series.

IEC 62271-200:2011, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 200: AC metal-enclosed switchgear and controlgear for rated voltages above 1 kV and up to and including 52 kV*

IEC 62271-201:2014, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 201: AC solid-insulation enclosed switchgear and controlgear for rated voltages above 1 kV and up to and including 52 kV*

IEC 62271-202:2014, *High voltage switchgear and controlgear – Part 202: High-voltage/low-voltage prefabricated substation*

ISO/IEC Guide 51:2014, *Safety aspects – Guidelines for their inclusion in standards*

2 Normal and special service conditions

2.1 Normal service conditions

Subclause 2.1 of IEC 62271-1:2007 is applicable with the following additions.

Wave shape and symmetry of supply voltage are in accordance with 4.2 of IEC 60076-1:2011.

For high-voltage/low-voltage transformer functional unit, average ambient air temperature limits of 4.2 of IEC 60076-1:2011 for liquid immersed type and 4.2.3 of IEC 60076-11:2004 shall also apply.

For indoor CEADS

- the minimum air ambient temperature is -5 °C;
- equipment shall also be suitable for conditions of humidity in accordance with 7.1.2.1 of IEC 61439-1:2011.

For outdoor CEADS

- the preferred values of minimum air ambient temperature are -10 °C, -25 °C.

NOTE 1 For air ambient below -25 °C, CEADS can be designed or used according to the relevant product standards, where applicable, or according to agreement between manufacturer and user.

NOTE 2 For higher ambient temperatures inside a room, the user has to specify to the manufacturer the specific operating conditions.

When two or more functional units share a common surrounding medium and in some cases even the same enclosure, the real operating service conditions, in particular temperature, of those functional units can differ largely from the normal service conditions (ambient air) due to the interaction between them. This has to be considered where relevant during type test (see e.g. 6.5.2).

2.2 Special service conditions

Subclause 2.2 of IEC 62271-1:2007 is applicable with the following additions.

Refer to the relevant standards for the different functional units.

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC 60050-441, IEC 62271-1:2007 and in the standards mentioned in 1.2, and the following apply.

ISO and IEC maintain terminological databases for use in standardization at the following addresses:

- IEC Electropedia: available at <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: available at <http://www.iso.org/obp>.

3.101

Compact Equipment Assembly for Distribution Substation

CEADS

factory assembled and type-tested equipment comprising functional units, described in 1.1, duly interconnected

Note 1 to entry: Three types of CEADS are considered: grouped, associated and integrated (see Annex CC for details).

3.101.1

grouped type CEADS

CEADS-G

CEADS which functional units are stand alone equipment fully complying with their respective product standards, where these functional units are placed close to each other in a specified layout

3.101.2

associated type CEADS

CEADS-A

CEADS which functional units may deviate from existing product standard but not in any aspect that could affect negatively safety and/or operation and where these functional units can either be independent or share part of their frames or enclosures

3.101.3

integrated type CEADS

CEADS-I

CEADS where all or part of high-voltage functional units and the high-voltage/low-voltage transformation functional unit are contained in a single enclosure, sharing the insulating medium

3.102

functional unit

assembly of devices and components performing a given main function of the CEADS

Note 1 to entry: For the purpose of this document functional unit has a different meaning than the meaning in other standards. For example in this document high-voltage functional unit (see the definition below) may comprise several functional units as per IEC 62271-200:2011.

3.102.1

high-voltage functional unit

assembly of the switching devices and other components performing the function of switching and control for the operation of the high-voltage side of the CEADS

Note 1 to entry: It may include switching and control of the high-voltage main circuit of the network and the protection of the high-voltage/low-voltage transformation function.

3.102.2

high-voltage/low-voltage transformer functional unit

assembly of elements that perform the function of high-voltage/low-voltage transformation of the CEADS

3.102.3

low-voltage functional unit

assembly of the switching devices and other components performing the function of switching and control for the operation and protection of the low-voltage feeders of the CEADS

3.103

closed electrical operating area

room or location for operation of electrical installations and equipment to which access is intended to be restricted to skilled or instructed persons or to lay personnel under the supervision of skilled or instructed persons

3.104

internal arc classified CEADS

IAC

CEADS which meet prescribed criteria, demonstrated by type tests, for the protection of persons in the event of internal arc at the high-voltage side

3.105

high-voltage interconnection

electrical connection between the terminals of the high-voltage functional unit and the high-voltage terminals of the high-voltage/low-voltage transformer functional unit

3.106

low-voltage interconnection

electrical connection between the low-voltage terminals of the high-voltage/low-voltage transformer functional unit and the incoming terminals of the low-voltage functional unit

4 Ratings

Clause 4 of IEC 62271-1:2007 is applicable with the following modifications.

The ratings of CEADS are the following:

- a) the rated voltages;
- b) the rated insulation levels;
- c) the rated frequency (f_r);
- d) the rated normal current for main circuits (I_r , I_{nA});
- e) the rated short-time withstand currents (I_k , I_{ke} , I_{cw});
- f) the rated peak withstand currents (I_p , I_{pe} , I_{pk});
- g) the rated durations of short circuit (t_k , t_{ke} , t_{cw});
- h) the rated supply voltage of closing and opening devices and of auxiliary and control circuits;
- i) the rated supply frequency of closing and opening devices and of auxiliary and control circuits.
- j) the rated power and total losses of CEADS;
- k) the ratings of the internal arc classification (IAC), if assigned by the manufacturer.

The ratings of CEADS shall be assigned to ensure that operation of the equipment within its assigned ratings does not expose any individual functional unit to conditions which are outside its rated capabilities.

NOTE Functional units forming part of the CEADS can have other individual rated values in accordance with their relevant standards.

4.1 Rated voltage

Subclause 4.1 of IEC 62271-1:2007 is not applicable.

Rated voltages of CEADS are defined by the rated voltages of its high-voltage functional unit (U_r), high-voltage/low-voltage transformer functional unit and low-voltage functional unit (U_n).

Refer to IEC 62271-1:2007 for high-voltage functional unit.

Refer to IEC 60947-1:2007 and 5.2 of IEC 61439-1:2011 for low-voltage functional unit.

Subclause 5.4.1 of IEC 60076-1:2011 is applicable for the high-voltage/low-voltage transformer functional unit.

NOTE These values are determined by the characteristics of the high-voltage/low-voltage transformer functional unit. High-voltage and low-voltage switchgear and controlgear can have rated voltages higher than the high-voltage/low-voltage transformer functional unit rated voltages.

4.2 Rated insulation level

Subclause 4.2 of IEC 62271-1:2007 is not applicable.

Rated insulation levels of CEADS are defined by the rated insulation levels of its high-voltage functional unit and low-voltage functional unit.

For the high-voltage functional unit refer to 4.2 of IEC 62271-1: 2007 and for the low-voltage functional unit refer to 5.2 of IEC 61439-1:2011 and IEC 60947-1:2007.

The minimum rated lightning impulse voltage withstand of the low-voltage functional unit shall be at least the value given for overvoltage category IV in Table F.1 of IEC 60664-1:2007. Depending on the network in different countries, it may be necessary to choose a higher insulation level.

4.3 Rated frequency (f_r)

Subclause 4.3 of IEC 62271-1:2007 is not applicable.

The standard values of the rated frequency for CEADS are 50 Hz and 60 Hz.

4.4 Rated normal current and temperature rise

4.4.1 Rated normal current (I_r, I_{nA})

Subclause 4.4.1 of IEC 62271-1:2007 is not applicable.

Rated currents of CEADS are defined by the rated current of its high-voltage functional unit (I_r) and the rated current of its low-voltage functional unit (I_{nA}).

Subclause 4.4.1 of IEC 62271-1:2007 is applicable for the high-voltage functional unit.

Subclause 5.3.1 of IEC 61439-1:2011 is applicable for the low-voltage functional unit.

NOTE The high-voltage functional unit and the low-voltage functional unit have rated normal current values which are equal or higher than operating current values.

4.4.2 Temperature rise

Subclause 4.4.2 of IEC 62271-1:2007 is not applicable.

The temperature rise of CEADS is defined by the temperature rise of its functional units:

- limits of the high-voltage functional unit defined in 4.4.2 of IEC 62271-1:2007;
- limits of the high-voltage/low-voltage transformer functional unit are the ones defined in Clause 6 of IEC 60076-2:2011 for liquid filled type and in Clause 11 of IEC 60076-11:2004 for dry type, at rated voltages and rated normal currents for which the CEADS has been designed;

- limits of the low-voltage functional unit defined in 9.2 of IEC 61439-1:2011.

4.5 Rated short-time withstand currents (I_k , I_{ke} , I_{cw})

Subclause 4.5 of IEC 62271-1:2007 is not applicable.

4.5.101 Rated short-time phase to phase and rated short-time phase to earth withstand currents of high-voltage functional unit and rated short-time withstand current of high-voltage interconnection (I_k , I_{ke})

For the rated short-time withstand currents I_k and/or I_{ke} of high-voltage functional unit, high-voltage interconnection and earthing circuit, 4.5 of IEC 62271-1:2007 is applicable with the following additions:

Rated short-time withstand current (I_k) shall be assigned to high-voltage functional unit and also to high-voltage interconnection.

NOTE 1 In principle, the rated short-time withstand current of a main circuit cannot exceed the corresponding rated values of the weakest of its series connected components. However, for each circuit or high-voltage compartment, advantage can be taken of apparatus limiting the short-circuit current, such as current-limiting fuses, reactors, etc.

A rated short-time withstand phase to earth current (I_{ke}) shall be assigned to the earthing circuit. This value may differ from that of the main circuit.

NOTE 2 The short-circuit current ratings applicable to the earthing circuit depend upon the type of system neutral earthing for which it is intended. Refer to 8.104.6 of IEC 62271-202:2014.

4.5.102 Rated short-time withstand currents of low-voltage functional unit and low-voltage interconnection (I_{cw})

Refer to 5.3.4 of IEC 61439-1:2011.

4.5.103 Short-time withstand currents of high-voltage/low-voltage transformer functional unit

Refer to Clause 3 of IEC 60076-5:2006.

4.6 Rated peak withstand currents (I_p , I_{pe} , I_{pk})

Subclause 4.6 of IEC 62271-1:2007 is not applicable.

4.6.101 Rated peak phase to phase and rated peak phase to earth withstand currents of high-voltage functional unit and rated peak withstand current of high-voltage interconnection (I_p , I_{pe})

For the rated peak withstand currents I_p and/or I_{pe} of high-voltage functional unit, high-voltage interconnection and earthing circuit 4.6 of IEC 62271-1:2007 is applicable with the following additions:

Rated peak withstand current (I_p) shall be assigned to high-voltage functional unit and also to high-voltage interconnection.

NOTE In principle, the rated peak withstand current of a main circuit cannot exceed the corresponding rated values of the weakest of its series connected components. However, for each circuit or high-voltage compartment, advantage can be taken of apparatus limiting the short-circuit current, such as current-limiting fuses, reactors, etc.

A rated peak withstand phase to earth current (I_{pe}) shall be assigned to the earthing circuit. This value may differ from that of the main circuit.

4.6.102 Rated peak withstand currents of low-voltage and low-voltage interconnection (I_{pk})

Refer to 5.3.3 of IEC 61439-1:2011.

4.6.103 Peak withstand currents of high-voltage/low-voltage transformer functional unit

Refer to Clause 3 of IEC 60076-5:2006.

4.7 Rated durations of short circuit (t_k , t_{ke} , t_{cw})

Subclause 4.7 of IEC 62271-1:2007 is not applicable.

4.7.101 Rated duration of phase to phase short circuit (t_k) and rated duration of phase to earth short circuit (t_{ke}) of high-voltage functional unit and rated duration of short-circuit of high-voltage interconnection

For the rated durations of short circuit t_k and t_{ke} for high-voltage functional unit, high-voltage interconnection and earthing circuit 4.7 of IEC 62271-1:2007 is applicable with the following additions:

A rated duration of short circuit (t_k) shall be assigned to high-voltage switchgear and to high-voltage interconnection.

NOTE In principle, the rated duration of short circuit for a main circuit cannot exceed the corresponding rated value of the weakest of its series connected components. However, for each circuit or high-voltage compartment, advantage can be taken of apparatus limiting the duration of the short-circuit current, such as current-limiting fuses.

A rated duration of phase to earth short circuit shall also be assigned to the earthing circuit (t_{ke}). This value may differ from that of the main circuit.

4.7.102 Rated duration of short circuit (t_{cw}) for low-voltage functional unit and low-voltage interconnection

Refer to 5.3.4 of IEC 61439-1:2011 for low-voltage functional unit and assign a rated duration of short-circuit (t_{cw}) to the low-voltage interconnection.

4.7.103 Duration of short circuit for high-voltage/low-voltage transformer functional unit

Refer to 4.1.3 of IEC 60076-5:2006.

4.8 Rated supply voltage of closing and opening devices and of auxiliary and control circuits

Subclause 4.8 of IEC 62271-1:2007 is not applicable.

For high-voltage functional unit refer to 4.8 of IEC 62271-1:2007; for low-voltage functional unit refer to 5.2.2 of IEC 61439-1:2011.

4.9 Rated supply frequency of closing and opening devices and of auxiliary circuits

Subclause 4.9 of IEC 62271-1:2007 is not applicable.

For high-voltage functional unit refer to 4.9 of IEC 62271-1:2007; for low-voltage functional unit refer to 5.5 of IEC 61439-1:2011.

4.101 Rated power and total losses of CEADS

The rated power of CEADS is given by the rated power of the high-voltage/low-voltage transformer functional unit at rated voltage.

The total losses of CEADS is the sum of the losses of the high-voltage functional unit and high-voltage interconnection at its rated current, the total losses (identifying load and no load losses) of the high-voltage/low-voltage transformer functional unit at its rated voltage and the losses of the low-voltage functional unit and low-voltage interconnection at the current determined by the high-voltage/low-voltage transformer functional unit rated power.

4.102 Ratings of the internal arc classification (IAC)

4.102.1 General

If an IAC classification is assigned by the manufacturer, several ratings shall be specified. These ratings are subdivided into type of accessibility, arc fault currents and arc fault durations.

4.102.2 Types of accessibility (A, B, AB)

Three types of protection in case of an internal arc are considered:

Accessibility type A: for CEADS providing protection to the operators during normal operations in front of the operating side (or sides) of the CEADS.

Accessibility type B: for CEADS providing protection to the general public in the vicinity of the equipment on all its sides at any time.

Accessibility type AB: for CEADS providing protection to both operators and the general public.

To qualify for this classification, these CEADS shall comply with the requirements for type A and type B with the same value of the test current in kA and duration in second(s).

4.102.3 Classified sides

For identification purposes of the different classified sides of the CEADS the following code shall be used:

- F for front side (defined by HV operating side);
- L for lateral side;
- R for rear side.

The front side shall be clearly stated by the manufacturer.

4.102.4 Rated arc fault currents (I_A , I_{Ae})

The standard value of rated arc fault currents should be selected from the IEC 60059:1999 standard current ratings.

Two ratings of the arc fault currents are recognised:

- a) three-phase arc fault current (I_A),
- b) single phase-to earth arc fault current (I_{Ae}), when applicable.

When only a three-phase rating is specified, the single phase rating is by default 87 % of the three-phase rating, and need not be specified.

NOTE 1 The manufacturer specifies the compartments of the high-voltage functional unit to which the single phase-to earth arc fault current rating applies. Such value is assigned to functional unit where its construction will prevent the arc from becoming multiphase, as demonstrated during the internal arc test.

NOTE 2 Rationale for this 87 % is the arc fault test with 2-phase ignition; refer to 8.104.6 of IEC 62271-202:2014.

In the case where all high-voltage compartments are only designed for single phase-to-earth arc faults, only single phase to earth arc fault current (I_{Ae}) needs to be assigned.

NOTE 3 Information about the relationship between type of neutral earthing and the single phase-to-earth arc fault current is provided in 8.104.6 and Table 103 of IEC 62271-202:2014.

4.102.5 Rated arc fault duration (t_A , t_{Ae})

Standard recommended values for the three-phase arc fault duration (t_A) are 0,1 s, 0,5 s and 1 s.

If applicable, the test duration (t_{Ae}) of the single phase-to-earth arc fault shall be stated by the manufacturer.

NOTE It is in general not possible to calculate the permissible arc duration for a current which differs from that used in the test.

5 Design and construction

CEADS shall be designed so that normal service, inspection and maintenance can be carried out safely. As CEADS are intended for installation within closed electrical operating areas, in principle general public is not allowed to approach the equipment. However when a CEADS is installed in a factory the employees not in charge of the operation of the equipment may be occasionally in the proximity of the CEADS. As they are not aware of the electrical features of the equipment they are considered as public in the sense of this document.

NOTE If some parts of enclosures of a CEADS are intended to become part of the enclosure of a substation, the relevant requirements of IEC 62271-202 or IEC 61936-1, as applicable, are met.

The design of CEADS shall take into account the possible interactions (e.g. electrical, mechanical and thermal) in the performance of different functional units and the components used to interconnect these.

The complete assembly of a CEADS and the individual functional units forming part of it shall comply with the requirements of this document. For the individual functional units reference is made to the following respective standards:

- High-voltage functional unit IEC 62271-200:2011 or IEC 62271-201:2014;
- High-voltage/low-voltage transformer functional unit IEC 60076 (all parts);
- Low-voltage functional unit IEC 61439 (all parts).

The individual functional units of a CEADS-G shall comply with the requirements of their respective product standard listed above.

Concerning CEADS-A and CEADS-I, the individual functional units may deviate in some aspects from those products standards. Due to that, specific testing procedures for individual functional units, where direct application of above mentioned product standards is not possible, are described in this document.

5.1 Requirements for liquids in switchgear and controlgear

Subclause 5.1 of IEC 62271-1:2007 is applicable.

5.2 Requirements for gases in switchgear and controlgear

Subclause 5.2 of IEC 62271-1:2007 is applicable.

NOTE For the handling of SF₆ refer to IEC 62271-4:2013.

5.3 Earthing of switchgear and controlgear

Subclause 5.3 of IEC 62271-1:2007 is applicable with the following additions:

A main earthing conductor system shall be provided to connect to the earth all metallic parts of the CEADS not belonging to the main and/or secondary/auxiliary circuits of the equipment. It consists of a main earthing conductor to which each component is connected through a single circuit.

If the CEADS has a metallic frame, then it may serve as, or form part of, the main earthing conductor. The fastening system, if any, used to join parts of the frame shall demonstrate its ability to carry the rated current. The main earthing conductor system shall be designed to withstand the rated short-time and peak withstand current under the neutral earthing condition of the system.

The cross-section of the earthing conductor shall be not less than 30 mm². It shall be terminated by an adequate terminal intended for connection to the earth system of the installation. If the earthing conductor is not made of copper, equivalent thermal and mechanical requirements shall be met.

The continuity of the earth system shall be ensured and corresponding measures preventing corrosion, loosening of bolts etc. shall be taken, taking into account the thermal and mechanical stresses caused by the current it may have to carry.

NOTE The users can establish procedures to check the integrity of all parts of the earthing system (internal and external) either periodically or after a short-circuit current has flown into the earthing system.

Components to be connected to the main earthing conductor system shall include:

- the enclosure, if metallic, of the high-voltage functional units from the terminal provided for that purpose;
- the tank of liquid filled high-voltage/low-voltage transformer functional unit or the metallic non active parts of dry-type high-voltage/low-voltage transformer functional unit;
- the frame and/or enclosure, if metallic, of the low-voltage functional unit;
- the earthing connection of automatic controls and remote-control devices;
- the metal shields and the earthing conductors of the high-voltage cables;
- the metallic frame of the CEADS, if any;
- earthing switches, if any.

5.4 Auxiliary and control equipment

Subclause 5.4 of IEC 62271-1:2007 is not applicable.

For the low-voltage installation embedded in the CEADS (for example, illumination, auxiliary supply, etc.), refer to IEC 60364-4-41:2005 or IEC 61439-1:2011, as appropriate.

5.5 Dependent power operation

Subclause 5.5 of IEC 62271-1:2007 is not applicable.

5.6 Stored energy operation

Subclause 5.6 of IEC 62271-1:2007 is not applicable.

5.7 Independent manual or power operation (independent unlatched operation)

Subclause 5.7 of IEC 62271-1:2007 is not applicable.

5.8 Operation of releases

Subclause 5.8 of IEC 62271-1:2007 is not applicable.

5.9 Low- and high-pressure interlocking and monitoring devices

Subclause 5.9 of IEC 62271-1:2007 is not applicable.

5.10 Nameplates

Subclause 5.10 of IEC 62271-1:2007 is not applicable, and it is replaced as follows:

Each CEADS shall be provided with a durable, clearly legible nameplate, visible in normal service condition, which shall contain at least the following information:

- manufacturer's name or trade mark;
- type designation;
- serial number;
- number of this document;
- year of manufacture;
- ratings of CEADS listed in Clause 4;
- internal arc classification designation, where applicable.

The ratings of the functional units shall be listed on separate nameplates, clearly visible, or on the CEADS nameplate. Where functional units are independent they shall be provided with separate nameplates. Each nameplate shall have a unique serial number.

5.11 Interlocking devices

Subclause 5.11 of IEC 62271-1:2007 is not applicable and it is replaced as follows:

Interlocking can be necessary to ensure the correct sequence of operation of equipment, to minimise the risk to personnel and damage to the equipment. Interlocking can be achieved by electrical or mechanical methods. If non-mechanical interlocks are provided, the design shall be such that no improper situations can occur in case of lack of auxiliary supply.

5.12 Position indication

Subclause 5.12 of IEC 62271-1:2007 is not applicable.

Subclause 5.12 of IEC 62271-1:2007 for high-voltage functional unit and 7.1.6 of IEC 60947-1:2007 for low-voltage functional unit are applicable.

5.13 Degrees of protection provided by enclosures

Subclause 5.13 of IEC 62271-1:2007 is applicable for high-voltage functional unit.

Subclause 8.2 of IEC 61439-1:2011 is applicable for low-voltage functional unit.

Degrees of protection in accordance with IEC 60529:1989 shall be as specified below.

The enclosures of high-voltage and low-voltage functional units shall provide at least the degree of protection IP2X for indoor application.

If non insulated conductors and/or bushings in low-voltage interconnections or non-screened conductors and/or bushings in high-voltage interconnections are used, suitable means to prevent direct contact with live parts shall be provided either by the manufacturer as part of the CEADS itself or alternatively by the user incorporating adequate protection in the installation site. In the first case the minimum degree of protection should be IP1X. In the second case the manufacturer shall include in the instruction manual clear information about the need to provide additional protection.

When dry type high-voltage/low-voltage transformer functional unit is used, a protection means around the high-voltage/low-voltage transformer functional unit shall be provided with at least a degree of protection IP2X.

For outdoor application of CEADS the minimum degree of protection shall be IP23.

5.14 Creepage distances for outdoor insulators

Subclause 5.14 of IEC 62271-1:2007 is applicable for high-voltage insulators of the high-voltage functional unit and of the high-voltage side of the high-voltage/low-voltage transformer functional unit.

5.15 Gas and vacuum tightness

Subclause 5.15 of IEC 62271-1:2007 is only applicable for the high-voltage functional unit of the CEADS.

Subclause 5.11 of IEC 60076-15:2015 is applicable for the high-voltage/low-voltage transformer functional unit if of gas-filled type.

5.16 Liquid tightness

Subclause 5.16 of IEC 62271-1:2007 is applicable for high-voltage functional unit.

For high-voltage/low-voltage transformer functional unit relevant clauses of IEC 60076 (all parts) are applicable.

5.17 Fire hazard (flammability)

Subclause 5.17 of IEC 62271-1:2007 is applicable for CEADS.

5.18 Electromagnetic compatibility (EMC)

Subclause 5.18 of IEC 62271-1:2007 is not applicable.

Subclauses 5.18 of IEC 62271-1:2007 for high voltage functional unit and Annex J of IEC 61439-1:2011 for low voltage functional unit are respectively applicable to the high-voltage and low-voltage functional units of the CEADS.

5.19 X-ray emission

Subclause 5.19 of IEC 62271-1:2007 is applicable for the high-voltage functional unit.

5.20 Corrosion

Subclause 5.20 of IEC 62271-1:2007 is applicable.

5.101 Protection against mechanical stresses

The enclosures shall have sufficient mechanical strength and shall withstand the following loads and impacts:

- a) external mechanical impacts with energy of 2 J, corresponding to a degree of protection IK07 for indoor application and 20 J corresponding to IK10 for outdoor application.
- b) for CEADS intended for outdoor installation, snow loads according to the local climatic conditions;
- c) for CEADS intended for outdoor installation, the mechanical effects of wind pressure according to 2.1.2 of IEC 62271-1:2007. It may be verified by calculation

Any other mechanical stresses that can be expected to occur in service, depending on the intended application, may be verified by calculation.

NOTE 1 Seismic stresses according to IEC TS 62271-210:2013 can also be considered within this subclause.

Although each component had been tested for inherent physical stability, when various components are attached together in a CEADS, instability may result. The design shall ensure stability during delivery, installation and operation.

NOTE 2 The lifting lugs designed to lift the complete assembly can be painted yellow for easy identification.

5.102 Protection of the environment due to internal defects

In the event that internal defects may lead to the escape of hazardous liquids from the equipment (for example: liquid from a high-voltage/low-voltage transformer functional unit or a high-voltage functional unit), provision shall be made to retain the hazardous liquids in order to prevent the soil being polluted.

The capacity of the retention tank shall be at least equal to the biggest hazardous liquid containing part (for example, high-voltage/low-voltage transformer functional unit, high-voltage functional unit, etc), unless applicable national regulations have different requirements. The retention tank can be part of CEADS or provided in the installation site where the CEADS is to be installed.

Additional measures may be taken by agreement between manufacturer and user.

5.103 Internal arc fault

A CEADS that satisfies the requirements of this document is designed, in principle, to prevent the occurrence of internal arc faults in the high-voltage side.

To achieve this objective the manufacturer of the CEADS shall ensure the correct manufacture, verifying it by carrying out routine tests according to Clause 7. In turn, the user shall make a proper selection, according to the characteristics of the network, operating procedures and service conditions (refer to Clause 8).

There should be little probability that an internal arc occurs during the entire service life, provided that the CEADS is installed, operated and maintained following the instructions provided by the manufacturer and the cables are correctly installed; however, the possibility of an internal arc cannot be completely disregarded.

Failures can occur in any part of the CEADS. However, as no internal arc testing procedure for low-voltage functional unit and high-voltage/low-voltage transformer functional unit is

described in their respective relevant standards, only faults occurring within the enclosure of the high-voltage functional units and in the high-voltage interconnection are taken into consideration in this document (see 6.101).

NOTE If user and manufacturer agree on an internal arc test of the low-voltage part of the CEADS, IEC TR 61641:2014 gives guidance for an internal arc test in enclosed low-voltage switchgear and controlgear assemblies.

Failure either due to a defect, an exceptional service condition or mal-operation on the high-voltage side may initiate an internal arc within the high-voltage functional unit and/or in the high-voltage interconnection, which constitutes a hazard if persons are present.

5.104 Enclosures

The enclosures of the functional units shall comply with the relevant requirements of their respective product standards. In the case that an enclosure is shared by several functional units, it shall comply with the requirements of the products standards of those functional units (example: the tank of the high-voltage/low-voltage transformer functional unit of a CEADS-I shall comply with the requirements of IEC 60076 (all parts), if applicable, and IEC 62271-200:2011).

5.105 Sound emission

The high-voltage/low-voltage transformer functional unit is the main source of sound. On the other hand there is no requirement in high-voltage and low-voltage functional units relevant standards on this matter and the direct contribution of the high-voltage and low-voltage functional units to the sound level of the CEADS is considered, in principle, negligible. However the determination of CEADS sound level is to be made according to IEC 60076-10:2016, on the complete CEADS to take into account any possible interaction (see Annex BB).

5.106 Electromagnetic fields

CEADS in service generate electromagnetic fields that may need assessment to:

- assist with planning, installation, operating instruction and service;
- take measures to meet requirements or regulations on electromagnetic fields.

If an evaluation of electromagnetic fields generated by a CEADS is required the methodology described in IEC TR 62271-208:2009 should be followed.

6 Type tests

6.1 General

Subclause 6.1 of IEC 62271-1:2007 is applicable with the following additions.

In principle, the type tests shall be made on a representative configuration of the CEADS. The functional units and the interconnections contained in a CEADS shall be tested according to their relevant standard.

Type tests shall be made on the complete CEADS, unless otherwise specified in the standard.

Due to the design of the equipment it may be practical to test more than one function at the same time. In that case it is not required to repeat those tests in which the test conditions applied are the same specified in their respective standards.

The aim of the type tests on a CEADS is to demonstrate the characteristics of the CEADS as a complete unit. The required tests on the complete CEADS, in addition to those required for the individual functional units, are listed below

Mandatory type tests:	Subclause
a) Tests to verify the insulation level of the CEADS	6.2
b) Measurement of the resistance of the main circuit of the high-voltage functional unit	6.4
c) Test to prove the temperature rise of any part of the equipment	6.5
d) Tests to prove the capability of the main and earthing circuits to be subjected to the rated peak and the rated short-time withstand currents	6.6
e) Tests to verify the degree of protection and resistance to mechanical impact	6.7
f) Additional tests on auxiliary and control circuits	6.10
g) Verification of making and breaking capacities	6.102
h) Mechanical operation tests	6.103
Mandatory type tests, where applicable:	
i) Tightness tests	6.8
j) EMC compatibility tests	6.9
k) For CEADS intended to be classified IAC, tests to assess the effects of arcing due to an internal arc fault	6.101
l) Pressure withstand tests for gas-filled compartments	6.105
m) Measurements of leakage current of non-metallic enclosures	6.106
n) Tightness and mechanical strength for liquid-filled compartments	6.108
Special type tests (subject to agreement between manufacturer and user):	
o) Tests to verify the sound level of CEADS	Annex BB
p) Partial discharge test	6.2.7
q) Weatherproofing tests	6.107
r) Measurement or calculation of electromagnetic fields	6.109

Type tests may impair the suitability of the tested parts for subsequent use in service. Therefore, test objects used for type test shall not be used in service without agreement between manufacturer and user.

6.1.1 Grouping of tests

Subclause 6.1.1 of IEC 62271-1:2007 is applicable with the following addition:

The mandatory type tests (not including items i) and j)) shall be carried out on a maximum of four test objects.

6.1.2 Information for identification of test objects

Subclause 6.1.2 of IEC 62271-1:2007 is applicable.

6.1.3 Information to be included in type-test reports

Subclause 6.1.3 of IEC 62271-1:2007 is applicable with the following addition to the list:

- the identification, including serial numbers as appropriate, of all functional units of the CEADS, together with the identification of the CEADS itself;
- details of the mechanical and electrical interconnections of the functional units as part of the CEADS;
- drawings and photographs to demonstrate that physical arrangement of the equipment during testing.

6.2 Dielectric tests

6.2.1 General

When performing dielectric tests, three situations can be considered. In order to limit the number of required tests, following criteria are applicable:

- a) in the case that each of the main components of the CEADS (high-voltage functional unit, high-voltage/low-voltage transformer functional unit and low-voltage functional unit), and the interconnections have been all previously tested under the same conditions as in the CEADS there is no need to conduct dielectric tests;
- b) in case the main components (high-voltage functional unit, high-voltage/low-voltage transformer functional unit, low-voltage functional unit) are type tested, but the interconnections are not previously tested, the tests as stated in 6.2.2 and 6.2.3 shall be carried out;
- c) in all other cases, dielectric tests as stated in 6.2.2, 6.2.3, 6.2.4, 6.2.5 and 6.2.6 shall be carried out.

6.2.2 Dielectric tests on the high-voltage interconnection

6.2.2.1 General conditions

The tests may be carried out with the transformer replaced by a mock-up reproducing the field configuration of the transformer bushings.

For the tests, the high voltage connection is connected to the test supply through the high-voltage functional unit. Only the switching devices that are in series in the supply circuit are closed. All other switching devices are open.

Voltage limiting devices shall be disconnected during dielectric tests.

Secondary terminals of current transformers shall be short-circuited and connected to earth.

Instrument transformers, power transformers or fuses may be replaced by replicas reproducing the field configuration of the high-voltage connections.

6.2.2.2 Ambient air conditions during tests

Refer to 6.2.1 of IEC 62271-1:2007.

6.2.2.3 Application of test voltage

6.2.2.3.1 On the high voltage interconnection

The test voltages shall be applied connecting each phase conductor of the main circuit in turn to the high voltage terminal of the test supply. All other conductors of the main circuit, the auxiliary circuits and all other metallic parts shall be connected to the earthing conductor of the frame, and to the earth terminal of the test supply. Where no-earth-shielded high voltage connections are used the non conductive material shall likewise withstand the test voltages specified in 6.2.2.6. The methods specified in IEC 60243-1:2013 shall be applied to the test to meet the relevant requirements.

6.2.2.3.2 Test voltage

Refer to 6.2.6 of IEC 62271-1:2007.

6.2.2.4 Lightning impulse-voltage tests

The high voltage interconnection shall be subjected to lightning impulse-voltage tests according to IEC 62271-1:2007 with the following addition:

During the lightning impulse-voltage tests, the grounded terminal of the impulse generator shall be connected to the main earthing conductor system of the CEADS.

6.2.2.5 Power-frequency voltage withstand tests

The high voltage interconnection shall be subjected to 1 min power-frequency voltage withstand tests in dry conditions in accordance with IEC 62271-1:2007 with the following addition:

During the power-frequency voltage test, one terminal of the test transformer shall be connected to earth and to the main earthing conductor system of the CEADS.

6.2.2.6 High-voltage interconnection covered by non-metallic enclosure

When the interconnection is totally or partially covered by a non-metallic enclosure accessible during normal operation, the enclosure shall meet the following requirements.

- a) The insulation between live parts of the main circuit and the accessible surface of insulating enclosure shall withstand the test voltages specified in 4.2 of IEC 62271-1:2007 for voltage tests to earth and between poles.
- b) The insulating material shall withstand the power-frequency test voltage specified in item a). The appropriate test methods given in IEC 60243-1:2013 shall be applied.
- c) The insulation between live parts of the main circuit and the inner surface of insulating enclosure facing these shall withstand at least 150 % of the rated voltage of the equipment. This shall be tested according to 6.104 of IEC 62271-201:2014 taking into account the selected protection category of the interconnection.
- d) If a leakage current may reach the accessible side of the insulating enclosure by a continuous path over insulating surfaces, it shall be not greater than 0,5 mA under the specified test conditions (refer to 6.106).

For testing procedures see 6.2.101.2.2 of IEC 62271-202:2014.

6.2.3 Dielectric tests on the low-voltage interconnection

6.2.3.1 General conditions

For the tests, the low-voltage interconnection is connected to the test supply through the low-voltage functional unit. One terminal of the voltage source shall be connected to the main earthing conductor system of the CEADS. Only the switching devices that are in series in the supply circuit are closed. All other switching devices are open.

When the low-voltage interconnection is partially or totally covered by a non-metallic enclosure, the enclosure shall be covered by a circular or square metal foil having an area as large as possible, but not exceeding 100 cm² connected to the earth. The foil shall be applied to all surfaces that can be touched by an operator.

6.2.3.2 Lightning impulse-voltage tests

The low-voltage interconnection shall be subjected to lightning impulse-voltage tests. The test voltage is specified in Table F.5 of IEC 60664-1:2007, where the rated impulse-voltage test is chosen in accordance with 4.2 of this document.

The 1,2/50 μ s impulse voltage shall be applied three times for each polarity at intervals of 1 s minimum.

The test voltage shall be applied connecting each phase conductor of the main circuit in turn to the high voltage terminal of the test supply. All other conductors of the main circuit and the auxiliary circuits shall be connected to the earthing conductor or the frame and to the earth terminal of the test supply.

There shall be no disruptive discharge during the tests.

6.2.3.3 Power-frequency voltage withstand test

The low-voltage interconnection shall be subjected to 1 min power-frequency voltage withstand tests in dry conditions in accordance with Table 8 of IEC 61439-1:2011 with the following addition:

During the power-frequency voltage test, one terminal of the test transformer shall be connected to earth and to the main earthing conductor system of the CEADS.

6.2.4 Dielectric tests on high-voltage functional unit

Subclause 6.2 of IEC 62271-200:2011 or IEC 62271-201:2014 is applicable with the following addition:

In case that the design of CEADS does not allow to separate physically high-voltage/low-voltage transformer functional unit and high-voltage functional unit, the tests of the high-voltage functional unit shall be carried out with the high-voltage/low-voltage transformer functional unit isolated from the high-voltage functional unit (e.g. by removing the interconnection).

6.2.5 Dielectric tests on high-voltage/low-voltage transformer functional unit

Tests prescribed in the IEC 60076 (all parts) will be applicable, with the following considerations:

Preferably the high-voltage/low-voltage transformer functional unit should be disconnected from the high-voltage functional unit and the low-voltage functional unit. However for practical reasons the testing voltage can be applied through the high-voltage functional unit. Only the switching devices that are in series in the supply circuit are closed. All other switching devices are open.

6.2.6 Dielectric tests on low-voltage functional unit

Subclause 9.1 of IEC 61439-1:2011 is applicable.

For practical reasons this test may be performed on the low-voltage functional unit already installed in CEADS. In this case the low-voltage functional unit shall be isolated from the high-voltage/low-voltage transformer functional unit.

6.2.7 Partial discharge test

By agreement between the manufacturer and the user a test to evaluate the insulation of the high-voltage functional unit can be carried out following 6.2.9 of IEC 62271-200:2011 or IEC 62271-201:2014, depending on the type of insulation.

6.3 Radio interference voltage (r.i.v) test

Subclause 6.3 of IEC 62271-1:2007 is not applicable.

6.4 Measurement of the resistance of circuits

Subclause 6.4.1 of IEC 62271-200:2011 or IEC 62271-201:2014 is applicable.

6.5 Temperature-rise tests

6.5.1 General

The purpose of this test is to check that the design of the CEADS in its entirety operates correctly and does not impair the life-time expectancy of the functional units and their interconnections. Their life-time expectancy will not be influenced if the acceptable limits of deterioration of insulation through thermal effects are not exceeded. As stated in Clause 3, the functional units, which form part of a CEADS, shall comply at least with the requirements of their respective standards. To ensure this compliance, the relevant type tests can be carried out on each functional unit, being alone or embedded in the CEADS. In addition, as stated in the introduction, potential interactions between devices have to be evaluated.

Two situations can be considered.

- The temperature rise tests are previously performed on each functional unit alone. Then the purpose of the temperature rise test on the complete CEADS is to assess the possible interactions, to define corresponding de-rating of the functional units if any, and to verify the temperature rise of the interconnections.
- The temperature rise tests are not previously performed on each functional unit alone. Then the purpose of the temperature test on the complete CEADS is to verify the temperature rise of the functional units according to their respective standards and at the same time the temperature rise of the interconnections.

6.5.2 Test conditions

Main functional units and interconnections temperature-rise tests will be performed simultaneously on a complete CEADS. In the case of already type tested high-voltage functional unit and where it is considered that there is no significant influence of the temperature-rise of the high-voltage functional unit on the other functional units, or vice-versa, the temperature rise test need not to include the current flowing in the main circuit of the high-voltage functional unit (see Figure 1). If it cannot be demonstrated otherwise a complete test of the CEADS has to be performed (see Figure 2). For the high-voltage functional unit the procedure of 6.5 of IEC 62271-200:2011 or IEC 62271-201:2014 shall be applied.

NOTE 1 Reasons for concern could be, for example, where the temperature rise values reported during the type test are close to the acceptable limits, or the influence of other functional units on the transformer feeder during the temperature rise test of the complete CEADS is so high that can be estimated that the influence on the main circuit can compromise their rated values. In that case de-rating of the high-voltage functional unit is considered.

NOTE 2 It is a common practice that the high-voltage functional unit operates at much lower current (load) than its rated one. Taking this into account, the additional increase of temperature caused by operating as part of a CEADS in most cases has no relevant influence on the required current capability of the high-voltage functional unit. In cases where full load conditions are expected in the main circuit this assumption would not be valid.

In case of high-voltage functional unit not previously type tested a complete temperature rise test of the CEADS has to be performed, according to Figure 2.

The test shall be carried out in a room in which the dimensions and insulation will keep the ambient air temperature of the room at less than 40 °C with a variation not exceeding 1 K in 1 h reading during the measurement test period.

The environment shall be substantially free from air currents, except those generated by heat from the equipment under test. In practice, this condition is reached when the air velocity does not exceed 0,5 m/s.

6.5.3 Test methods

6.5.3.1 General

Two situations are considered (see 6.5.1).

- a) The temperature rise test need not to include the current flowing in the main circuit of the high-voltage functional unit because the temperature-rise test on the high-voltage functional unit has been previously carried out and the influence of the other functional units is deemed to be not significant for the temperature-rise of the high-voltage functional unit in the CEADS.
- b) The temperature rise test has to include the current flowing in the main circuit of the high-voltage functional unit because the temperature-rise test on the high-voltage functional unit has not been previously carried out or the influence of the other functional units is deemed to be significant on the temperature-rise of the high-voltage functional unit when installed in the CEADS.

The following test methods may be used.

The preferred method requires the use of independent sources of current to supply the high-voltage and the low-voltage sides of the CEADS.

An alternative method may be used if the laboratory can provide only one source of current or the design of the CEADS makes the connection arrangements as described by Figure 1 impossible. The alternative method is applicable in case of situation a).

6.5.3.2 Preferred method

This method requires different connections of supply for the high-voltage and the low-voltage sides respectively.

6.5.3.2.1 Connection of supplies

- a) High-voltage side

According to the two situations described above following testing procedures shall be used.

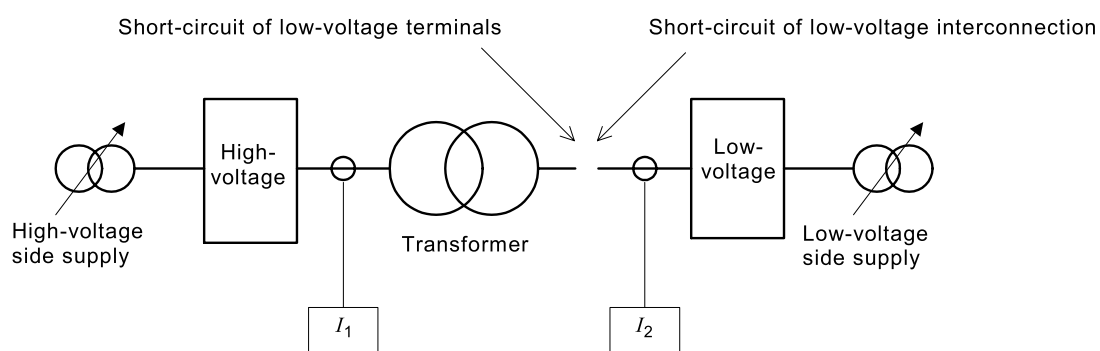
If the test does not require to include the current flowing in the main circuit the high-voltage / low-voltage transformer functional unit and the high-voltage functional unit shall be connected to one current supply and the low-voltage outgoing terminals of the high-voltage / low-voltage transformer functional unit shall be short-circuited. The supply shall be connected to the incoming feeder of the high-voltage functional unit. Refer to Figure 1.

If the test requires to include the current flowing in the main circuit it has to be isolated to the T-off (transformer feeder) and two different supplies on the high-voltage side are to be used. The first one shall supply the main ring with its rated current. The second shall supply the high-voltage side of the high-voltage / low-voltage transformer functional unit through the T-off of the high-voltage functional unit and the low-voltage outgoing terminals of the high-voltage / low-voltage transformer functional unit shall be short-circuited. Refer to Figure 2.

- b) Low-voltage side

The temperature-rise test on the low-voltage side shall be carried out in accordance with 9.2 of IEC 61439-1:2011 and the following specific requirements.

The low-voltage functional unit shall be isolated from the high-voltage /low-voltage transformer functional unit, as close as practicable to the high-voltage /low-voltage transformer functional unit terminals. At a convenient point adjacent to the high-voltage /low-voltage transformer functional unit terminals, a short circuit shall be applied to the connections between the high-voltage/low-voltage transformer functional unit and the low-voltage functional unit. Test current shall be applied to the low-voltage functional unit via the outgoing feeders. The distribution of this supply current at the low-voltage outgoing feeders shall be chosen to be the worst case in respect of heat generation. Refer to Figure 1 or Figure 2.



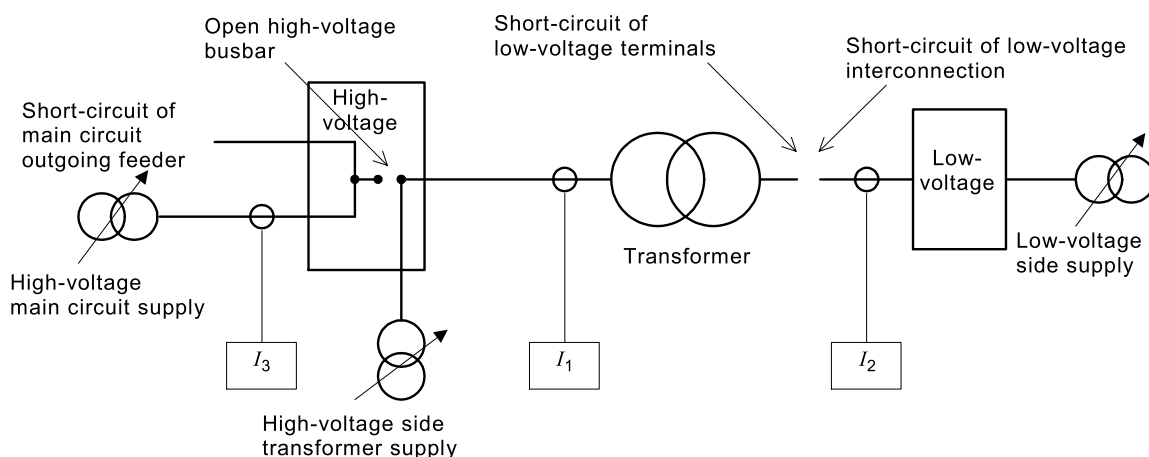
IEC

Key

I_1 = sufficient current to generate the total losses of liquid-filled high-voltage/low-voltage transformer functional unit or high-voltage rated current of dry-type high-voltage/low-voltage transformer functional unit (see 6.5.4 step 2)

I_2 = Low-voltage rated current of high-voltage/low-voltage transformer functional unit

Figure 1 – Test diagram in case of type tested high-voltage functional unit



IEC

Key

I_1 = sufficient current to generate the total losses of liquid-filled high-voltage/low-voltage transformer functional unit or high-voltage rated current of dry-type high-voltage/low-voltage transformer functional unit (see 6.5.4 step 2)

I_2 = low-voltage rated current of high-voltage/low-voltage transformer functional unit

I_3 = rated current of high-voltage main circuit

Figure 2 – Test diagram in case of non-type tested high-voltage functional unit

6.5.3.2.2 Application of test currents

a) High-voltage side

For liquid filled high-voltage/low-voltage transformer functional unit the circuit is supplied with sufficient current to generate the total losses of the high-voltage/low-voltage transformer functional unit, at its reference temperature.

NOTE 1 This test can require a small percentage of current above the rated current flowing through the complete circuit so as to compensate for the high-voltage/low-voltage transformer functional unit no-load loss.

NOTE 2 During the test, the resistance will vary according to the temperature of the high-voltage/low-voltage transformer functional unit. Thus, the test supply current is varied accordingly to maintain the generated losses constant and equal to the total high-voltage/low-voltage transformer functional unit losses throughout the test.

For dry type high-voltage/low-voltage transformer functional units the simulated load method described in IEC 60076-11:2004 shall be followed (see 6.5.4).

b) Low-voltage side

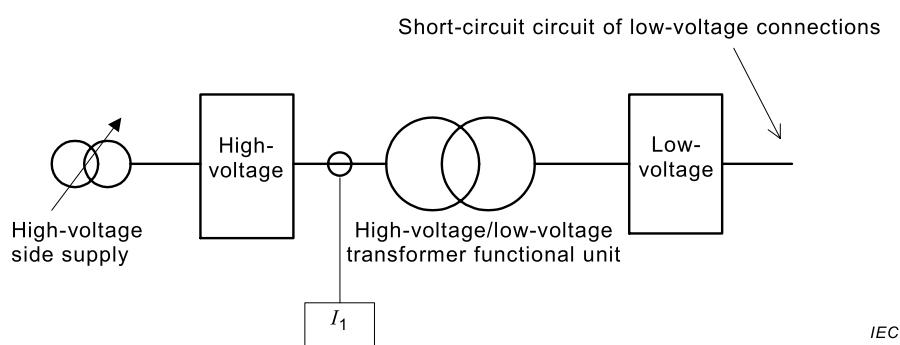
The low-voltage circuit is supplied with the rated low-voltage current of the tested high-voltage/low-voltage transformer functional unit.

6.5.3.3 Alternative method

This method requires one single supply.

6.5.3.3.1 Connection of supply

The high-voltage functional unit and the high-voltage/low-voltage transformer functional unit shall be connected and the outgoing terminal of the low-voltage functional unit shall be short-circuited. The supply shall be connected to the incoming terminals of the high-voltage functional unit (see Figure 3).



Key

I_1 = sufficient current to generate the total losses of liquid-filled high-voltage/low-voltage transformer functional unit or high-voltage rated current of dry-type high-voltage/low-voltage transformer functional unit (see 6.5.4 step 2)

Figure 3 – Alternative diagram in case of type tested high-voltage functional unit

6.5.3.3.2 Application of test current

The CEADS is supplied with sufficient current to generate the total losses of the high-voltage/low-voltage transformer functional unit, at its reference temperature, using the method defined in the relevant product standard.

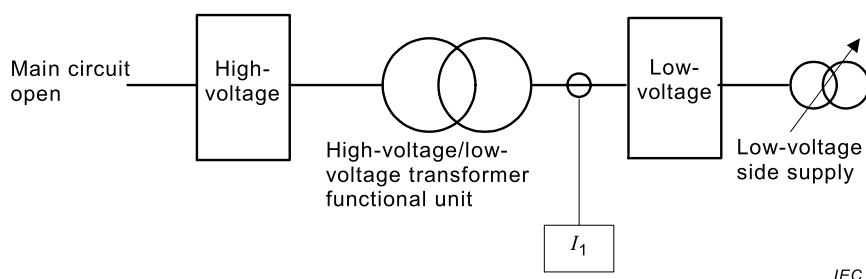
6.5.4 Special case of dry-type high-voltage/low-voltage transformer functional unit

For a temperature-rise test on a CEADS equipped with a dry-type high-voltage/low-voltage transformer functional unit the method for the temperature-rise test should follow the simulated load method as described in IEC 60076-11:2004 consisting of two consecutive steps.

Step 1:

The rated operating voltage (three-phase) at rated frequency is applied to the low-voltage winding of the high-voltage/low-voltage transformer functional unit via one of the outgoing feeders of the low-voltage functional unit. The high voltage winding is connected to the high-voltage functional unit. High-voltage main circuit is open (see Figure 4). After thermal equilibrium has been reached of the windings and magnetic core individual winding temperature-rises of the transformer shall then be measured.

NOTE This test can also be made by feeding the high-voltage winding of the high-voltage/low-voltage transformer functional unit via high-voltage functional unit. The low voltage winding is connected to the low-voltage functional unit. Low-voltage main circuit is open.



IEC

Key

I_1 = no load current of the transformer

Figure 4 – Diagram for the open-circuit test

Step 2:

The connection of supplies is made according to 6.5.3.2.1 (Figure 1).

The high-voltage side of the CEADS is supplied with the high-voltage rated current of the high-voltage/low-voltage transformer functional unit. The low-voltage side of the CEADS is supplied with the low-voltage rated current of the high-voltage/low-voltage transformer functional unit.

When the steady-state condition of the windings and magnetic core is achieved, the temperature rises of the individual windings are measured together with the temperature rises of the low-voltage functional unit and the interconnections. For the steady-state conditions of dry-type high-voltage/low-voltage transformer functional unit refer to 23.4 of IEC 60076-11:2004.

After completion of the two steps above the temperature rise is calculated by the formula given in 23.2.1 of IEC 60076-11:2004.

6.5.5 Measurements

6.5.5.1 Measurements of the ambient air temperature

The ambient air temperature is the average temperature of the air surrounding the CEADS. It shall be measured during the last quarter of the test period by means of at least four thermometers, thermocouples or other temperature-detecting devices equally distributed around the CEADS at about the average height of its current-carrying parts and at a distance

of about 1 m from the CEADS. The thermometers or thermocouples shall be protected against air currents and undue influence of heat.

In order to avoid indication errors because of rapid temperature changes, the thermometers or thermocouples may be put into small bottles containing about half a litre of oil.

During the last quarter of the test period, the change of ambient air temperature shall not exceed 1 K in 1 h. The ambient air temperature during tests shall be more than +10 °C but less than +40 °C. No correction of the temperature-rise values shall be made for ambient air temperatures within this range.

6.5.5.2 High-voltage/low-voltage transformer functional unit

In the case of already type tested high-voltage/low-voltage transformer functional unit, the top liquid temperature rise for liquid-filled high-voltage/low-voltage transformer functional units shall be measured as given in IEC 60076-2:2011, or the average winding temperature rises for dry-type high-voltage/low-voltage transformer functional units shall be measured as given in IEC 60076-11:2004.

In addition to this, in the case of non type tested high-voltage/low-voltage transformer functional unit measurement of the temperature rise of the windings shall be performed according to IEC 60076-2:2011 or IEC 60076-11:2004. For this measurement, the diagram of Figure 1 has to be preferably used, or Figure 3 if only one supply source is available.

In the case of non type tested dry-type high-voltage/low-voltage transformer functional unit the temperature rise is calculated by the formula given in 23.2.1 of IEC 60076-11:2004.

6.5.5.3 Low-voltage functional unit

The low-voltage functional unit temperature rise shall be measured as given in IEC 61439-1:2011.

The air temperature in the location where electronic equipment may be installed shall be measured. The temperature shall be within the service condition applicable to the contained electronic equipment.

6.5.5.4 High-voltage functional unit

If this test is considered to be necessary or in case of non type tested high-voltage functional unit (see 6.5.2) a complete measurement is to be performed according to IEC 62271-200:2011 or IEC 62271-201:2014.

The air temperature in the location where electronic equipment may be installed shall be measured. The temperature shall be within the service condition applicable to the contained electronic equipment.

6.5.5.5 Interconnections

The temperature of the high-voltage and low-voltage interconnections and their terminals shall be measured.

6.5.5.6 Acceptance criteria

The CEADS is deemed to pass the test if

- the temperature rise of the high-voltage/low-voltage transformer functional unit does not exceed the requirements of IEC 60076-2:2011 for liquid-filled high-voltage/low-voltage transformer functional units or IEC 60076-11:2004 for dry-type high-voltage/low-voltage transformer functional units. If the liquid-filled high-voltage/low-voltage transformer

functional unit has been tested previously only the top liquid temperature needs to be checked;

- the temperature rises and temperatures of the high-voltage functional units and high-voltage interconnection do not exceed the requirements of IEC 62271-1:2007;
- the temperature rises and temperatures of the low-voltage functional unit and low-voltage interconnection do not exceed the requirements of IEC 61439-1:2011;
- for the accessible parts of CEADS the temperature rises and temperatures do not exceed the requirements of Table 3 of IEC 62271-1:2007. If the values are exceeded additional precautions should be taken on site to avoid the risk of burns.

6.6 Short-time withstand current and peak withstand current tests

6.6.1 Short-time and peak withstand current tests on main circuit of high-voltage and low-voltage functional units

The high-voltage functional unit that has not been previously tested shall be submitted to test according to IEC 62271-200:2011 or IEC 62271-201:2014. The high-voltage functional unit shall be isolated from the high-voltage/low-voltage transformer functional unit to perform the test.

The low-voltage functional unit that has not been previously tested shall be submitted to test according to IEC 61439-1:2011. The low-voltage functional unit shall be isolated from the high-voltage/low-voltage transformer functional unit to perform the test.

6.6.2 Short-time and peak withstand current tests on high-voltage and low-voltage interconnections

High-voltage interconnection shall be tested following the procedure described in 6.6 a) of IEC 62271-200:2011 or IEC 62271-201:2014. The test current will be applied in such a manner that the complete connection to the transformer is tested. All parts supporting the interconnection shall be maintained in place, as in service condition, during the test.

In particular, when the high-voltage interconnection is protected by current-limiting devices situated in the high-voltage switchgear, provisions of 6.6 a) of IEC 62271-200:2011 or IEC 62271-201:2014 are applicable.

If the high-voltage interconnection is not protected by current limiting devices, the test can be made, where appropriate, at the same time as the high-voltage functional unit is tested, provided that the conditions of 6.6.1 of IEC 62271-200:2011 or IEC 62271-201:2014 are met.

Non type-tested low-voltage interconnections can be tested following the procedure described in IEC 61439-1:2011 for low-voltage switchgear and controlgear assembly. Where appropriate this test can be made at the same time as the low-voltage functional unit is tested. The test current will be applied in such a manner that the complete connection to the transformer is tested. All parts supporting the interconnection shall be maintained in place, as in service condition, during the test.

6.6.3 Short-time and peak withstand current tests on earthing circuits

The earthing conductor system of the CEADS shall be tested according to IEC 62271-1:2007 with the addition of the following paragraphs:

It is not required to repeat the type tests on the main earthing circuits of type-tested functional units.

After the test, some deformation of the main earthing conductor and of the connections to the functional units is permissible, but the continuity of the circuit shall be preserved.

Generally, no test of the connections of metallic covers and doors, if any, to the main earthing conductor is required, if adequate design is demonstrated. However, in case of doubt, they shall be tested at 30 A (DC). The voltage drop shall be lower than 3 V.

6.6.4 Short-time and peak withstand current tests on high-voltage/low-voltage transformer functional unit

By agreement between the manufacturer and the user a short circuit test according to IEC 60076-5:2006 on the high-voltage/low-voltage transformer functional unit might be carried out.

Preferably the high-voltage/low-voltage transformer functional unit should be disconnected from the high-voltage functional unit and the low-voltage functional unit. However for practical reasons the testing voltage can be applied through the high-voltage functional unit. Only the switching devices that are in series in the supply circuit are closed. All other switching devices are open.

6.7 Verification of the protection,

6.7.1 Verification of degree of protection (IP coding)

The degree of protection specified by the manufacturer for any enclosure within the CEADS shall be verified according to IEC 60529:1989.

6.7.2 Verification of resistance to mechanical impacts (IK coding)

In accordance with the requirements specified in IEC 62262:2002, test shall be performed on every enclosure as under service conditions. Testing values stated in 5.101 are applicable.

Verification of the resistance to mechanical impacts of other parts of the CEADS may be carried out by agreement between the user and the manufacturer.

6.8 Tightness tests

Subclause 6.8 of IEC 62271-1:2007 is applicable for high-voltage functional unit and it can be applicable to gas-filled type transformers.

6.9 Electromagnetic compatibility tests (EMC)

For high-voltage functional unit 6.9 of IEC 62271-1:2007 is applicable with the exception of radio interference voltage test.

For low-voltage functional unit 10.12 of IEC 61439-1:2011 is applicable.

A test on a CEADS is not necessary provided that the high-voltage functional unit and low-voltage functional unit have been tested according to their relevant standards.

6.10 Additional tests on auxiliary and control circuits

6.10.1 General

Subclause 6.10 of IEC 62271-1:2007 is applicable, with the following addition:

These tests will be performed on the complete CEADS, and are only applicable to the auxiliary and control low-voltage circuits. Low-voltage power circuits, i.e. secondary of transformer, interconnection and low-voltage functional unit, are excluded from the test.

6.10.2 Functional tests

A functional test of all low-voltage circuits shall be made to verify the proper functioning of auxiliary and control circuits in conjunction with the other parts of the CEADS.

The tests shall be performed with the upper and lower value limits of the supply voltage.

For low-voltage circuits, sub-assemblies and components, operation tests can be omitted if they have been fully performed during a test applied to similar CEADS.

6.10.3 Electrical continuity of earthed metallic parts test

Subclause 6.10.3 of IEC 62271-1:2007 is applicable.

6.10.4 Verification of the operational characteristics of auxiliary contacts

Subclause 6.10.4 of IEC 62271-1:2007 is applicable.

6.10.5 Environmental tests

Subclause 6.10.5 of IEC 62271-1:2007 is partly applicable on a representative auxiliary and control circuit.

When the tests as stated in 6.10.5 of IEC 62271-1:2007 are performed on the separate components of a representative auxiliary and control circuit no further environmental tests are needed.

Where this is not carried out, the remaining subclauses of 6.10.5 of IEC 62271-1:2007 are applicable on a typical lay out of the auxiliary and control circuits.

6.10.6 Dielectric test

Subclause 6.10.6 of IEC 62271-1:2007 is applicable.

6.11 X-radiation test procedure for vacuum interrupters

Subclause 6.11 of IEC 62271-1:2007 is applicable for high-voltage functional units where vacuum interrupters are used.

6.101 Internal arc test

6.101.1 General

These tests are applicable to CEADS, intended to be qualified as class IAC with respect to protection of persons in the event of an internal arc at high-voltage side.

These tests cover the cases of faults resulting in an arc occurring inside the CEADS in the high-voltage functional unit and the high-voltage interconnection. The effectiveness of the design of the CEADS to provide protection to persons in case of an internal arc can be verified by testing according to Annex AA.

CEADS are generally intended for installation in closed electrical operating areas, where, in principle, only authorised personnel can enter. However the employees of a factory, not in charge of the operation of the high-voltage functional unit, can stand occasionally in the proximity of a CEADS. As they are not aware of the risks involved, they are considered to be general public in the context of this document. Consequently the document considers both accessibility types A and B, as in IEC 62271-200:2011 or IEC 62271-201:2014.

IAC-A is intended to verify the protection of operators when operating the CEADS and is based on a restriction to authorised persons only (Accessibility Type A, see 4.102.2).

IAC-B is intended to verify the protection of the general public around the CEADS with unrestricted access (Accessibility Type B, see 4.102.2).

This IAC classification is intended to offer a tested level of protection to persons (including operators) around CEADS in the event of internal arcs in normal operating conditions and with its high-voltage functional unit in normal service position.

NOTE This document covers only internal arcs occurring in the high-voltage side of the CEADS, including high-voltage-interconnections (e.g. between high-voltage functional unit and high-voltage/low-voltage transformer functional unit). Internal arcs within the high-voltage/low-voltage transformer functional unit or the low-voltage functional unit are not taken into account. (see 5.103 for explanation of this exclusion).

Internal arcs in a CEADS can occur in a number of locations and can cause various physical phenomena. For example, the energy resulting from an arc developed in open air within the CEADS or in any insulating fluid within the enclosure of any of the high-voltage functional units will cause an internal overpressure and local overheating which will result in mechanical and thermal stressing of room or the enclosure (if any) containing the CEADS. Moreover, the materials involved may produce hot decomposition products, either gaseous or vaporous, which may be discharged around the CEADS.

The Internal Arc Class (IAC) makes allowance for internal overpressure acting on covers, doors, floor(s) etc. It also takes into consideration the thermal effects of arc or its roots on the enclosure and of ejected hot gases and glowing particles, but not damage to internal partition and shutters not being accessible in normal operating conditions.

The internal arc tests described below does not cover all effects that may constitute a hazard, such as the presence of gases with potential toxic characteristics that can be present after the fault, or the hazard of propagation of fire after an internal arc to combustible materials or equipment placed in the proximity of the CEADS.

6.101.2 Test conditions

To be qualified as class IAC-A and/or IAC-B a CEADS shall be subjected to two different test series, one on the high-voltage functional unit and one on the high-voltage interconnections. To be qualified as class IAC-AB the CEADS shall be subjected to the test series for IAC-A and IAC-B.

For required tests, see Figures AA.7, AA.8, AA.9 and AA.10, showing the principles for the selection of tests and the corresponding number and type of tests to be performed.

The internal arc test shall be performed on a complete CEADS to ensure that the influence of all devices is represented. If any device is used to limit the duration of the arc (for example protection relay, fuses), it may be operative during the test but the part of the CEADS protected by the device shall be classified per the actual duration of the arc.

As an exception the test on high-voltage functional unit might be not necessary, provided that:

- this functional unit has been previously internal arc tested according to Annex AA of IEC 62271-200:2011, in a test arrangement equal or more onerous than the actual installation conditions in the CEADS;
- it can be proven that the other components of the CEADS do not affect the behaviour.

6.101.3 Arrangement of the equipment

The following points shall be observed:

- tests shall be carried out on a CEADS not previously subjected to arcing, or, if subjected, being in a condition which does not affect the result of the test;

- the CEADS shall be fully equipped, including high-voltage interconnection. Mock-ups of internal components that will not be exposed to the arc are permitted provided they have the same volume and external material as the original components;
- when the CEADS is connected to earth, the connection shall be at the point provided.

6.101.4 Test procedure

The method to verify the internal arc classification is defined in AA.6.

6.101.5 Criteria to pass the test

A CEADS is qualified as class IAC (according to the relevant accessibility type) providing that:

- the five criteria as in 6.106.5 of IEC 62271-200:2011 or 6.105.5 of IEC 62271-201:2014 have been met after the internal arc test on the high-voltage functional unit,

NOTE Where the design of the CEADS includes a space below the floor to receive the exhausting gases, the behaviour of the floor should be assessed from the point of view of the safety of the operator standing on it.

- where applicable (see Figure AA.9 and AA.10), the following criteria have been met after test on the high-voltage interconnections:

Criterion no.1 Barriers, obstacles or enclosures of the high-voltage interconnection, if any, are not moved or deformed further than the position of the indicators.

Criterion no.2 No material projections of an individual mass above 60 g.

Criterion no.3 Arcing does not cause holes in the accessible side of the enclosure of the interconnection, if this side is completely closed.

Criterion no.4 Indicators do not ignite due to the effect of flames or hot gases.
Should they start to burn during the test, the assessment criterion may be regarded as having been met, if proof is established of the fact that glowing particles rather than hot gases caused the ignition. Pictures taken by high-speed cameras, video or any other suitable means can be used by the test laboratory to establish evidence.

Indicators ignited as a result of paint or stickers burning are also excluded from the assessment.

Criterion no.5 If the interconnection is protected by an enclosure connected to earth, this enclosure remains connected to its earthing point.

6.101.6 Test report

The following information shall be given in the test report:

- rating and description of the CEADS with a drawing showing the main dimensions, details relevant to the mechanical strength, the arrangement of the pressure relief flaps and the method of fixing the CEADS to the floor and/or to the walls;
- arrangement of the test connections;
- point and method of initiation of the internal arc;
- drawings of test arrangement (room simulation, test object and mounting frame of indicators) with respect to the type of accessibility (A or B), side (F, L or R) and installation conditions;
- applied voltage and frequency;
- for the prospective or test current:
 - a) RMS value of the AC component during the first three half cycles;
 - b) highest peak value;
 - c) average value of the AC component over the actual duration of the test;
 - d) test duration;

- oscillogram(s) showing currents and voltages;
- assessment of the test results, including a record of the observations in accordance with 6.101.5;
- photographs of the test object under test, before and after test;
- other relevant remarks;
- arrangement of cable ducts if used to exhaust gases.

6.101.7 Extension of validity of test results

The validity of the results of a test carried out on a particular CEADS design or representative part of it can be extended to another one, provided that the original test was more onerous and the latter design can be considered as similar to the one tested in all the following respects:

- arc current and arcing time;
- directions of gas flow from the internal arc;
- dimensions of the tested compartments and layout of the CEADS;
- structure and mechanical strength of the compartments and partitions, if any;
- performance of the pressure release device, if any.

6.102 Verification of making and breaking capacities

Subclause 6.101 of IEC 62271-200:2011 or IEC 62271-201:2014 is applicable with the following addition:

It is not required to repeat the type tests to verify making and breaking capability on previously type tested components, provided that the service conditions in the CEADS are similar to the testing conditions. Possible mechanical, thermal and electrical influences have to be considered.

6.103 Mechanical operation tests

Subclauses 6.102 of IEC 62271-200:2011 and 10.13 of IEC 61439-1:2011 are applicable respectively to high-voltage functional unit and low-voltage functional unit with the following addition:

Mechanical operation test need not be repeated if the functional units have been previously type tested, provided that the installation of the functional unit within the CEADS does not impose conditions that could influence negatively the operation. In case of doubt the test shall be repeated in the real installation conditions.

6.104 Mechanical stability test

The complete assembly lifting lugs shall be designed for the total weight of the CEADS.

The type tests for the complete assembly shall include a test for stability. The test shall be conducted with care to ensure that the equipment cannot topple in an uncontrolled manner. The test shall comprise lifting one side of the equipment by 15° to check that there is no toppling.

NOTE It is suggested that the equipment can be supported with a crane during the test.

6.105 Pressure withstand test for gas-filled compartments

Subclause 6.103 of IEC 62271-200:2011 is applicable with the following addition:

It is not required to repeat the pressure withstand test for gas-filled compartments on type tested components.

6.106 Measurements of leakage currents of non-metallic enclosures

When the high-voltage interconnection is totally or partially covered by a non-metallic enclosure the following tests shall be made in order to check compliance with the requirement of item d) of 6.2.2.6.

At the discretion of the manufacturer the main circuit shall be connected either to a three-phase supply of power-frequency voltage equal to the rated voltage of the high-voltage functional unit, with one phase connected to earth, or to a single-phase supply of a voltage equal to the rated voltage, the live parts of the main circuit being connected together. For three-phase tests, three measurements shall be made with the different phases of the supply successively connected to earth. In the case of single-phase tests, only one measurement is necessary.

A metal foil shall be placed in the most unfavourable situation for the test on the accessible surface of the insulation providing the protection against contact with live parts. In case of doubt about the most unfavourable situation, the test shall be repeated with different situations.

The metal foil shall be approximately circular or square, having an area as large as possible but not exceeding 100 cm². The enclosure and the frame of the metal-enclosed switchgear and controlgear shall be earthed. The leakage current flowing through the metal foil to earth shall be measured with the insulation dry and clean.

If the value of the leakage current measured is more than 0,5 mA, the insulating surface does not provide the protection required in this document.

It is not necessary to measure leakage currents, if earthed metal parts are arranged in an appropriate manner to ensure that leakage currents cannot reach the accessible parts of the enclosure.

6.107 Weatherproofing test

When agreed between manufacturer and user, a weatherproofing test can be made on CEADS. A recommended method is given in Annex C of IEC 62271-1:2007.

6.108 Tightness and mechanical strength for liquid filled compartments

If the enclosure is of hermetically sealed type and completely liquid filled, 11.8 of IEC 60076-1:2011 is applicable with the following addition:

The test shall be performed on a complete CEADS to ensure that the influence of all devices is represented.

NOTE Mechanical withstand tests specified in EN 50464-4:2007 and IEEE C57.12.00:2010 can be considered as alternative test method references for corrugated tanks of liquid filled high-voltage/low-voltage transformer functional unit.

6.109 Measurement or calculation of electromagnetic fields

General guidance regarding the measurement or calculation of electromagnetic fields is given in IEC TR 62271-208:2009.

7 Routine tests

The routine tests shall be made on each complete CEADS at the manufacturer's factory to ensure that the product is in accordance with the equipment on which the type tests have been carried out.

Due to the special design of this equipment it may be practical to test more than one functional unit at the same time.

The routine tests comprise the following:

- dielectric test on the main circuit (7.1);
- tests on auxiliary and control circuits (7.2);
- measurement of the resistance of the main circuit (7.3);
- tightness test (7.4);
- design and visual checks (7.5);
- mechanical operation test on high-voltage functional units (7.101);
- pressure tests of gas-filled compartments (7.102);
- tests of auxiliary electrical, pneumatic and hydraulic devices (7.103);
- measurement of the resistance of the windings (7.104);
- measurement of the voltage ratio (7.105);
- measurement of the short circuit impedance and load losses (7.106);
- measurement of non-load losses and current (7.107);
- inspection of the low-voltage functional unit, including inspection of wiring and, if necessary, electrical operation test (7.108);
- checking of protective measures and of the electrical continuity of the protective circuits of the low-voltage functional unit (7.109);
- tests after assembly onsite (7.110).

7.1 Dielectric tests on the main circuit

7.1.1 General

Only parts of CEADS not previously routine tested shall be tested.

7.1.2 Dielectric tests on high-voltage functional unit

The tests will be carried out with the high-voltage/low-voltage transformer functional unit isolated from the high-voltage functional unit. For this purpose the switching device of the transformer feeder circuit, if any, shall be in open position.

In this case, for practical reasons, the switching device of the transformer feeder circuit will not be part of the tested equipment. Therefore it shall be tested together with the high-voltage/low-voltage transformer functional unit as stated in 7.1.3. Test voltage values will be those of the high-voltage/low-voltage transformer functional unit. A test with the switching device of the transformer feeder circuit in open position shall be included. The following tests are applicable:

- dielectric tests (7.1 of IEC 62271-1:2007).

Voltage limiting devices such as surge arresters and voltage transformers, if part of the high voltage functional unit, shall be disconnected during routine dielectric tests.

7.1.3 Dielectric tests on high-voltage/low-voltage transformer functional unit and high-voltage interconnection

If the high-voltage/low-voltage transformer functional unit has not been previously routine tested, IEC 60076-1:2011 shall be followed.

The testing voltage will be applied through the high-voltage functional unit or the low-voltage functional unit. Only the switching devices that are in series in the supply circuit are closed, all other switching devices are in open position. The following tests are applicable:

- Applied voltage test (AV) (Clause 10 of IEC 60076-3:2013);
- Induced voltage withstand test (IVW) (11.2 of IEC 60076-3:2013).

7.1.4 Dielectric tests on low-voltage functional unit and low-voltage interconnection

As the purpose of this test is to test only the low-voltage functional unit and low-voltage interconnection, the low-voltage interconnection will be disconnected from the high-voltage/low-voltage transformer functional unit. The testing voltage will be applied at the high-voltage/low-voltage transformer functional unit side of the low-voltage interconnection. The switching devices that are in series in the supply circuit are closed.

The following tests are applicable:

- dielectric tests (11.9 of IEC 61439-1:2011);
- verification of insulation resistance (11.9 of IEC 61439-1:2011).

7.2 Tests on auxiliary and control circuits

Subclause 7.2 of IEC 62271-1:2007 is applicable.

7.3 Measurement of the resistance of the main circuit

This test shall be carried out on the main circuit as described in 7.3 of IEC 62271-200:2011.

7.4 Tightness test

In the case that they have been routine-tested according to their relevant standards, there is no need to conduct this test.

In other case, the following tests are applicable:

- a tightness test as stated in 7.4 of IEC 62271-1:2007 shall be carried out for high-voltage functional unit.
- a leak test with pressure according to subclause 11.8 of IEC 60076-1:2011 for liquid-filled high-voltage/low-voltage transformer functional unit or a tightness test according to subclause 11.3 of IEC 60076-15:2015 for gas-filled high-voltage/low-voltage transformer functional unit.

7.5 Design and visual checks

Subclause 7.5 of IEC 62271-1:2007 is applicable.

7.101 Mechanical operation tests on high-voltage functional unit

Subclause 7.102 of IEC 62271-200:2011 or IEC 62271-201:2014 is applicable.

7.102 Pressure tests of gas-filled compartments

Subclause 7.103 of IEC 62271-200:2011 or IEC 62271-201:2014 is applicable with the following addition:

Pressure test for a gas-filled high-voltage/low-voltage transformer functional unit tank shall be done according to subclause 11.4 of IEC 60076-15:2015.

7.103 Tests of auxiliary electrical, pneumatic and hydraulic devices

Subclause 7.104 of IEC 62271-200:2011 or IEC 62271-201:2014 is applicable.

7.104 Measurement of the resistance of the windings

If the high-voltage/low-voltage transformer functional unit has not been previously routine tested, 11.2 of IEC 60076-1:2011 or Clause 15 of IEC 60076-11:2004 shall be applied.

7.105 Measurement of the voltage ratio

If the high-voltage/low-voltage transformer functional unit has not been previously routine tested, 11.3 of IEC 60076-1:2011 or Clause 16 of IEC 60076-11:2004 shall be applied.

7.106 Measurement of the short circuit impedance and load losses

If the high-voltage/low-voltage transformer functional unit has not been previously routine tested, 11.4 of IEC 60076-1:2011 or Clause 17 of IEC 60076-11:2004 shall be applied.

7.107 Measurement of no-load losses and current

If the high-voltage/low-voltage transformer functional unit has not been previously routine tested, 11.5 of IEC 60076-1:2011 or Clause 18 of IEC 60076-11:2004 shall be applied.

7.108 Inspection of the low-voltage functional unit, including inspection of wiring and, if necessary, electrical operation test

If the low-voltage functional unit has not been previously routine tested, 11.10 of IEC 61439-1:2011 shall be applied.

7.109 Checking of protective measures and of the electrical continuity of the protective circuits of the low-voltage functional unit

If the low-voltage functional unit has not been previously routine tested, 11.4 of IEC 61439-1:2011 shall be applied.

7.110 Tests after assembly on site

In the exceptional case where for practical reasons manufacturer and user agree to transport the unit dismantled, additional tests may be made on site by agreement between manufacturers and user, to assure that the assembly process has been carried out correctly.

8 Guide to the selection of CEADS

CEADS may be constructed in various forms that have evolved with changing technologies and functional requirements. The selection of CEADS essentially involves an identification of the functional requirements for the service installation that best meets these requirements.

Such requirement should also take account of applicable legislation and user safety rules.

Tables 3 to 5 provide a summary of the considerations for specifying CEADS.

8.1 Selection of rated values

For a given duty in service, the CEADS is selected by considering the individual rated values of its components required by normal load condition and in the case of fault conditions.

8.2 Continuous or temporary overload due to changed service conditions

Subclause 8.2 of IEC 62271-1:2007 is applicable for high-voltage functional unit.

In case of variable load conditions, IEC 60076-7 for oil-immersed high-voltage/low-voltage transformer functional unit and IEC 60076-12 for dry-type high-voltage/low-voltage transformer functional unit are applicable.

Under those changed conditions, possible interactions between functional units may occur and their temperature rise limits, according to their individual standards, may be exceeded even due to the interaction between them. Those interactions have to be considered when selecting the CEADS.

8.101 Selection of internal arc classification

When selecting a CEADS, the probability of internal faults should be properly addressed, with the aim to provide an acceptable protection level for operators and for the general public.

This protection is achieved by reducing the risk to a tolerable level. According to ISO/IEC Guide 51:2014, risk is the combination of the probability of occurrence of harm and the severity of the harm. (Refer to Clause 4 of ISO/IEC Guide 51:2014 on the concept of safety).

Therefore, the selection of a suitable CEADS, in relation to an internal fault leading to an arc, should be governed by a procedure to achieve a tolerable level of risk. Such a procedure is described in Clause 6 of ISO/IEC Guide 51:2014. This procedure is based on the assumption that the user has a role to play in the risk reduction.

For guidance, Table 1 gives a list of locations where experience shows that faults are most likely to occur. It also gives possible causes of failure and possible measures to decrease the probability of internal arc faults. Other measures may be adopted to provide the highest possible level of protection to persons in the case of an internal arc. These measures are aimed to limit the external consequences of such an event. Table 2 gives examples of measures limiting the consequences of internal arc faults.

For both classes it is important to realise, that the test for internal arc classification relates to a given configuration of the CEADS in respect of type and position of the high-voltage/low-voltage transformer functional unit, high-voltage functional unit and low-voltage functional unit. The outcome of the test is dependent of the specific type of switchgear in the CEADS. The decision of an Internal Arc Classification restricts the free choice of high-voltage functional unit in the CEADS.

Table 1 – Locations, causes and examples of measures decreasing the probability of internal arc faults

(1)	(2)	(3)
Locations where internal faults are most likely to occur	Possible causes of internal faults	Examples of possible preventive measures
Cable compartments	Inadequate design	Selection of adequate dimensions. Use of appropriate materials.
	Faulty installation	Avoidance of crossed cables connections. Checking of workmanship on site. Correct torque.

(1)	(2)	(3)
Locations where internal faults are most likely to occur	Possible causes of internal faults	Examples of possible preventive measures
	Failure of solid or liquid insulation (defective or missing)	Checking of workmanship and/or dielectric test on site. Regular checking of liquid levels, where applicable.
Disconnectors Switches Earthing switches	Mal-operation	Interlocks. Delayed reopening. Independent manual operation. Making capacity for switches and earthing switches. Instructions to personnel.
Bolted connections and contacts	Corrosion	Use of corrosion inhibiting coating and/or greases. Use of plating. Encapsulation, where possible.
	Faulty assembly	Checking of workmanship by suitable means. Correct torque. Adequate locking means.
Instrument transformers	Ferroresonance	Avoidance of these electrical influences by suitable design of the circuit.
	Short circuit on low-voltage side of voltage transformer	Avoid short circuit by proper means e.g. protection cover, low-voltage fuses.
Circuit breakers	Insufficient maintenance	Regular programmed maintenance. Instructions to personnel.
All locations	Error by personnel	Limitation of access by compartmentalisation. Insulation embedded live parts. Instructions to personnel.
	Ageing under electric stresses	Partial discharge routine tests.
	Pollution, moisture, ingress of dust, vermin, etc.	Measures to ensure that the specified service conditions are achieved (refer to Clause 2). Use of gas-filled compartments.
	Overvoltages	Surge protection. Adequate insulation co-ordination. Dielectric tests on site.
Interconnections	Failure of insulation	Use of adequate clearances, phase to phase and phase to ground. Use of insulated interconnections, shielded type preferred.

Table 2 – Examples of measures limiting the consequences of internal arc faults

Rapid fault clearance times initiated by detectors sensitive to light, pressure or heat or by differential busbar protection.
Remote control.
Pressure relief devices, pressure resistant enclosure (including current limiting devices, arc eliminating devices, etc.).
Application of transformer protection with individual circuit-breaker or suitable fuses in combination with switching devices limiting the let-through current and fault duration.
Gas flow control and cooling devices. (pressure relief ducts or chimneys, etc.).

As a guide for the selection of an adequate CEADS, with respect to internal arc faults, the following criteria may be used:

- where the risk due to an internal arc fault is considered negligible: a CEADS class IAC-A and/or IAC-B is not necessary;
- where the risk due to an internal arc fault is considered to be relevant: only CEADS class IAC-A and/or IAC-B should be used.

For the second case, the selection should be made by taking into account the foreseeable maximum level of current and duration of the fault, in comparison with the rated values of the tested equipment.

Parts of a CEADS protected by devices that limit the duration of the fault may be tested with such devices operative and then, after passing the test, IAC rated for the actual duration of the arc. If the remaining parts of the CEADS are rated to the maximum level of current and duration of the fault foreseeable in the network, it is admissible to take advantage of the operation of the protection and use the CEADS in this application by agreement between the user and the manufacturer.

In addition, the installation instructions of the manufacturer should be followed (refer to Clause 10).

The location of personnel during an internal arc event is important. The manufacturer should indicate which parts of the CEADS are accessible, according to the testing arrangement and the user should follow the instruction carefully. Allowing personnel to enter an area not designated as accessible may lead to the risk of personnel injury.

Internal arc classification gives a tested level of protection of persons under normal operating conditions as defined in 6.101.1. It is not concerned with personnel protection under maintenance conditions with service continuity.

8.102 Information

The following tables provide a summary of the considerations for specifying CEADS ratings.

Table 3 – Summary of technical requirements, ratings for CEADS – Service conditions

Information		(Sub)clause of this document	Reference to	User requirements as appropriate
Ambient air temperature:		2	IEC 62271-1:2007	
Average	°C			
Minimum	°C			
Maximum	°C			
Solar radiation	W/m ²		IEC 60721-2-4:1987	
Altitude	m		high-voltage: IEC 62271-1:2007	
Pollution	Level		IEC TS 60815 (all parts)	
Ice coating			IEC 62271-1:2007	
Wind-driven sand			IEC 60721-2-2:2012	
Wind-driven snow			IEC 60721-2-2:2012	
Wind	m/s		IEC 62271-1:2007	
Condensation or precipitation			IEC 60721-2-2:2012	
Vibration			1)	
Risk of earth tremors			1)	
Risk of other vibrations			IEC 60721-1:1990	
Induced electromagnetic disturbance in secondary system	Class		IEC 62271-1:2007	

Information		(Sub)clause of this document	Reference to	User requirements as appropriate
1) For high-voltage functional unit in a CEADS installed in places where earthquakes are likely to occur, the severity level according with IEC 62271-210:2013 should be specified by the user.				

**Table 4 – Summary of technical requirements, ratings for CEADS –
Ratings of the CEADS (1 of 2)**

Information		(Su)clause of this document	Reference to	User to indicate requirement as appropriate
Rated voltages high-voltage low-voltage	kV V	4.1	IEC 60076-1:2011	
Nominal voltages high-voltage low-voltage	kV V	9.1		
Number of phases		9.1		
Type of high-voltage neutral earthing Maximum expected value of earth fault current	kA	9.1	User	
Type of low-voltage neutral earthing Maximum expected value of earth fault current	kA	9.1	User	
Rated power and total losses of CEADS	kVA kW	4.101	IEC 60076-1:2011	
Sound level	dB	Annex BB	IEC 60076-10:2016	
Internal arc classification Classified sides Accessibility type A Fault current and duration Accessibility type B Fault current and duration	IAC F/L/R kA, s kA, s	4.102		Y/N
Rated insulation levels Common value Rated short-duration power-frequency withstand voltage Rated lightning impulse withstand voltage Across isolating distance high-voltage: low-voltage: Rated short-duration power-frequency withstand voltage Rated lightning impulse withstand voltage	kV or V kV or V kV or V kV or V kV or V kV or V kV or V	4.2	IEC 60076-3:2013 IEC 62271-1:2007 IEC 61439-1:2011 IEC 60947-1:2007	
Rated frequency	Hz	4.3		

Table 4 (2 of 2)

Information		(Su)clause of this document	Reference to	User to indicate requirement as appropriate
Rated normal current for main circuits high-voltage: low-voltage:	A A	4.4.1	IEC 62271-1:2007 IEC 61439-1:2011	
Rated short-time withstand currents high-voltage: low-voltage: Earthing circuit:	kA kA kA	4.5	IEC 62271-1:2007 IEC 61439-1:2011 IEC 62271-1:2007	
Rated peak withstand currents high-voltage: low-voltage: Earthing circuit:	kA kA kA	4.6	IEC 62271-1:2007 IEC 61439-1:2011 IEC 62271-1:2007	
Rated durations of short-circuit high-voltage: low-voltage: Transformer: Earthing circuit:	s s s s	4.7	IEC 62271-1:2007 IEC 61439-1:2011 IEC 60076-5:2006 IEC 60076-11:2004 IEC 62271-1:2007	
Rated supply voltage of closing and opening devices and of auxiliary and control circuits Closing and tripping: Indication: Control:	high-voltage low-voltage V V V	4.8	IEC 62271-1:2007 IEC 61439-1:2011	
Rated supply frequency of closing and opening devices and of auxiliary and control circuits high-voltage: low-voltage:	Hz Hz	4.9	IEC 62271-1:2007 IEC 61439-1:2011	
High-voltage/low-voltage transformer functional unit temperature rises	K	4.4.2	IEC 60076-2:2011 IEC 60076-11:2004	

**Table 5 – Summary of technical requirements, ratings for CEADS –
Design and construction of the CEADS**

CEADS		(Sub)clause of this document	Reference to	User to indicate requirement as appropriate
Degree of protection of the high-voltage/low-voltage transformer functional unit for indoor application Degree of protection of the high-voltage/low-voltage transformer functional unit for outdoor application Degree of protection of the dry type high-voltage/low-voltage transformer functional unit Degree of protection of exposed conductors and/or bushings		5.13	IEC 60529:1989	
Type of CEADS Type of components: high-voltage switchgear and controlgear low-voltage switchgear and controlgear Transformer	G/A/I	CC.1	User	
Rated power and total losses of CEADS Power Load loss P_{cu} No-load loss P_0 No-load current I_0 Short-circuit impedance Temperature rise Insulation	kVA W W A % K	4.101	IEC 60076-1:2011 IEC 60076-11:2004 IEC 60076-2:2011 IEC 60076-3:2013	
Materials of the enclosures		5.104	IEC 60076 (all parts) IEC 62271-200:2011 IEC 62271-201:2014	
Surface treatment of the enclosures		9.1		
Mechanical impact energy	J	5.13	IEC 62271-1:2007	
Mechanical stresses by snow load of the roof roof loads wind pressure	N/m ² N/m ² N/m ²	5.101 9.1	IEC 62271-202:2014	
Dimensions and weights Length Width Height Mass of each transport unit Total mass of the CEADS	mm mm mm kg kg	9.2		

9 Information to be given with enquiries, tenders and orders

Clause 9 of IEC 62271-1:2007 is not applicable.

This clause lists the information, which is necessary to enable the user to make an appropriate enquiry for a CEADS and the supplier to give an adequate tender.

9.1 Information with enquiries and orders

When enquiring about or ordering a CEADS, the scope of supply should be defined for all equipment and services. This may include training, technical and layout studies and requirements for co-operation with the supplier. The following information should be supplied by the enquirer:

a) Particulars of the system:

Nominal and highest voltages, frequency, types of system neutral earthing.

b) Service conditions:

Minimum and maximum ambient air temperature; any condition deviating from the normal service conditions or affecting the satisfactory operation of the equipment, as, for example, altitudes higher than 1 000 m, rapidly changing temperatures, wind-driven sand, rain and snow, the unusual exposure to vapour, moisture, fumes, explosive gases, excessive dust or salt (e.g. caused by traffic or industrial pollution), the risk of earth tremors or other vibrations due to external causes to the equipment to be delivered.

c) Particulars and electrical characteristics of the CEADS:

- 1) rated voltages;
- 2) rated power of the CEADS;
- 3) rated frequency;
- 4) rated insulation levels;
- 5) rated short-time withstand currents;
- 6) rated duration of short-circuit (if different from 1 s);
- 7) rated peak withstand currents;
- 8) rated values of functional units (high-voltage functional unit, low-voltage functional unit, high-voltage/low-voltage transformer functional unit and interconnections);
- 9) number of phases;
- 10) type of functional units (e.g. air or gas-insulated cubicle type switchgear and controlgear, liquid-immersed transformer);
- 11) circuit diagrams;
- 12) degree of protection of the enclosures and partitions if any;
- 13) material and surface treatment of the enclosures;
- 14) mechanical stresses (e.g. snow loads, roof loads, wind pressure, etc.);
- 15) maximum admissible dimensions and special requirements affecting the layout of the CEADS (general arrangement);
- 16) the maximum expected value of earth-fault currents dependent upon the type of high-voltage and low-voltage systems neutral earthing employed or the short-circuit current ratings applicable to the earthing circuit(s);
- 17) Internal arc classification (if any), including value of the test current and duration.

Beyond these items the enquirer should indicate every condition which might influence the tender or the order, as, for example, special mounting or erection conditions (e.g. vicinity of surrounding walls, elements that can affect ventilation, etc.), the location of the external high voltage connections, local fire and sound regulations, and expected lifespan. Information should be supplied if special type tests are required. Special conditions in case of installation

within a factory (e.g. installation in areas accessible to employees, the existence of areas not protected in case of internal arc above or below the installation place of the CEADS where employees can stay or walk, etc.).

9.2 Information with tenders

The following information should be given by the manufacturer with descriptive matters and drawings:

- a) rated values and characteristics as enumerated in items b) and c) of 9.1;
- b) list of type test, and the corresponding certificates or reports on request, including the justification of the selection of internal arc tests for IAC-A and/or IAC-B, where applicable;
- c) constructional features, for example:
 - 1) mass of each transport unit;
 - 2) total mass of the CEADS;
 - 3) overall dimensions and the layout (general arrangement) of the CEADS;
 - 4) information of the arrangement of the external connections;
 - 5) transport and installation requirements;
 - 6) information on operation and maintenance;
 - 7) information required by the relevant standard of the components;
 - 8) minimum recommended clearances around the CEADS;
 - 9) volume of the fluid retention tank (if any);
 - 10) accessible sides and particular installation instructions to prevent access to the high-voltage/low-voltage transformer functional unit in case of a CEADS accessible to the public (special case of installation inside a factory);
 - 11) type of gas-pressure or liquid-pressure system;
 - 12) specified filling level and minimum functional level.
- d) list of recommended spare parts which parts, which should be procured by the user on request;
- e) relevant characteristics of the functional units of the CEADS, and if applicable, the surface treatment or coating of the enclosures, and the tests carried out to assess their performance under specified environmental conditions;
- f) statement declaring that the CEADS complies with this document.

10 Rules for transport, installation, operation and maintenance

Clause 10 of IEC 62271-1:2007 is not applicable.

It is essential that the transport, storage and erection of a CEADS or its transport units, as well as their operation and maintenance in service, are performed in accordance with instructions given by the manufacturer.

Consequently, the manufacturer should provide instructions for the transport, storage, erection, operation and maintenance of a CEADS. The instructions for the transport and storage should be given at a convenient time before delivery, and the instructions for the erection, operation and maintenance should be given by the time of delivery at the latest.

Relevant standards for the different components define particular rules for their transport, erection, operation and maintenance, and these should be included in the general instructions for the CEADS, where applicable.

The following information is given to supplement these instructions with the most important additional instructions to be provided by the manufacturer of CEADS.

10.1 Conditions during transport, storage and installation

A special agreement should be made between manufacturer and user if the service conditions specified in the order cannot be guaranteed during transport, storage and erection. In particular, instructions should be given to protect insulation against undue moisture absorption or irreversible pollution, if the environmental conditions prior to energizing are such that the enclosures cannot provide appropriate protection.

It might also be necessary to give guidance and/or provide special elements to secure components to avoid any damage due to foreseen vibration or shocks during transport.

10.2 Installation

For each type of CEADS, the instructions provided by the manufacturer should at least include the following points.

10.2.1 Unpacking and lifting

The mass of each transport unit, including details of any special lifting devices required for safe lifting and unpacking should be labelled on the equipment.

10.2.2 Assembly

In principle the CEADS are transported as a unit fully assembled. Therefore there is no need to assemble at the installation on site. However if by agreement between manufacturer and user the CEADS is not fully assembled for transport, all transport units should be clearly marked, and drawings showing assembly of these units should be provided.

10.2.3 Mounting

The manufacturer should provide all necessary information to enable site preparation to be completed, as for example:

- required civil work;
- external earthing terminals;
- position of the cable access points;
- minimum recommended clearances around the CEADS.

NOTE CEADS can be used for power supply inside factories. In such plants it is likely to occur that employees not involved in operation of CEADS (general public) come in close vicinity, next to, above or below the CEADS, e.g. the CEADS is installed below a grid made steel staircase. In such cases access from top or below the CEADS is considered.

10.2.4 Final installation inspection

In principle, the manufacturer should provide instructions for inspection and test of the CEADS after its installation and connection, which should include at least a list of recommended tests, made at site.

10.3 Operation

Besides the particular operating instructions of each component, the manufacturer should provide the following additional information, so that the user can acquire an adequate understanding of the main principles involved:

- a description of the safety features of the CEADS, and a list of any special means or tools supplied for safety purposes, and their instructions for use;

- the operation of, interlocks and padlocking facilities;
- when fluids are used in CEADS, as far as practicable, instruction should be provided in order to allow the user to
 - minimise the leakage rate,
 - control the handling of the new and used fluids.

10.4 Maintenance

The manufacturer shall issue a maintenance manual, including at least the following information:

- complete maintenance instructions for main components, as required in relevant standards;
- maintenance instructions, if any, for the enclosures, including frequency and procedure for maintenance.

10.5 Dismantling, recycling and disposal at the end of service life

The manufacturer shall provide relevant information to allow the end user to carry out dismantling, recycling and disposal of the CEADS at the end of life.

11 Safety

Clause 11 of IEC 62271-1:2007 is applicable for high-voltage functional unit with the following additions.

A CEADS provides the specified level of protection to operators and general public only when installed and operated in accordance with the manufacturer's instructions. Additionally the user may set up specific procedures for installation and operation.

Safety aspects of functional units are covered by the relevant product standards.

The following clauses of this document describe additional features providing protection to operators and general public against various hazards:

11.101 Electrical aspects

- Earthing (indirect contact) (see 5.3).
- Degree of protection (direct contact) (see 5.13 and 6.7.1).

11.102 Mechanical aspects

- Degree of protection (see 5.13 and 6.7).
- Mechanical stresses (see 5.101 and 6.7.2).

11.103 Thermal aspects

- Maximum temperature of accessible parts (see 6.5.5.6).

11.104 Internal arc aspects

- Internal arc fault (see 5.103).

12 Influence of the product on the environment

Clause 12 of IEC 62271-1:2007 is applicable with the following addition:

The following subclauses of this document contain provisions to protect the environment from potential negative influence of the CEADS:

- operation (see 10.3);
- dismantling, recycling and disposal at the end of service life (see 10.5).

Annex AA (normative)

Method for testing CEADS under conditions of arcing due to an internal arc fault

AA.1 General

This annex applies to CEADS of Class IAC.

For the purpose of this annex, normal operating conditions means the conditions of a CEADS required to carry out operations such as opening or closing high-voltage or low-voltage switching devices, reading of measuring instruments and monitoring equipment, etc. Therefore if to perform any of such operations any cover has to be removed and/or any door has to be opened, the internal arc test shall be performed with the cover removed and/or door open. Change or replacement of high-voltage HRC fuses is not considered as a normal operation.

AA.2 Room simulation

Internal arc tests aimed to verify the protection to operators should be carried out in a room simulating the electrical operating area provided that the conditions are not less onerous respecting to direction of gas flow, strength of the enclosure and pressure release device. All other components or a valid mock-up of them may be used, provided that they are installed as in service.

- a) CEADS designed for indoor installation. The test will be carried out in a simulated room following the principles described in AA.1.1 of IEC 62271-200:2011 or AA.1 of IEC 62271-201:2014.
- b) CEADS designed for outdoor installation. In that case no room simulation around the CEADS is required for internal arc tests aimed to verify the degree of protection provided outside the equipment. However, where the ground around the CEADS is suspected to contribute to the performance of the CEADS, simulation of the ground surface might be required.

In all cases, if the manufacturer claims that the design of the CEADS requires that the cable access way and/or any other additional exhausting duct need to be used to evacuate gases generated during the internal arc, the installation conditions specified by the manufacturer shall be reproduced, and in particular all the means, if any, to direct and cool down the hot gases exhausted from the high-voltage functional unit.

This requirement shall be clearly stated, in particular in the instruction manual (see Clause 10), for IAC classification to be valid.

AA.3 Indicators (for assessing the thermal effects of the gases)

AA.3.1 General

Indicators are pieces of black cotton cloth and shall be so arranged that their cut edges do not point toward the test object.

Black cretonne (cotton fabric approximately 150 g/m²) shall be used for indicators for accessibility type A. Black cotton-interlining lawn (approximately 40 g/m²) shall be used for indicators for accessibility type B.

Care shall be taken to ensure that the vertical indicators cannot ignite each other. This is achieved by fitting them in a frame of sheet steel, with a depth of $2 \times 30 \text{ mm}$ ($^{+0}_{-3} \text{ mm}$), refer to Figure AA.1.

With the horizontal indicators care shall be taken that glowing particles do not accumulate. This is achieved if the indicators are mounted without a frame, refer to Figure AA.2.

The indicator dimensions shall be $150 \text{ mm} \times 150 \text{ mm}$ ($^{+15}_{-0} \text{ mm}$).

AA.3.2 Arrangement of indicators

Indicators shall be fitted vertically at each classified side of the CEADS, facing all points where gas is likely to be emitted (e.g. joints, inspection windows, doors) up to 2 m above the ground level in a checkerboard pattern covering 40 % to 50 % of the area.

The length of the mounting rack shall be larger than the corresponding area to be tested to take into account the possibility of hot gases escaping at angles of up to 45° , from the surface under test. This means that the mounting frame shall be 100 mm longer in both sides than the test object under test in case of accessibility Type B, or 300 mm in both sides in case of accessibility Type A, provided that the test arrangement does not limit this extension.

NOTE 1 In all cases the distance from the indicators fitted vertically to the test object is measured from a virtual surface that envelopes the test object, disregarding protruding elements (e.g. handles, frame of apparatus and so on). Taking into account that this virtual surface will be likely not regular, the indicators are placed to simulate as realistically as possible the position that an operator or person usually can adopt in front of the equipment, at indicated distance, according to type of accessibility.

a) Test to prove the level of protection to operators. accessibility type A (restricted accessibility)

When performing the internal arc test within the high-voltage functional unit (See Figure AA.3), arrangement of indicators shall follow the requirements of Annex AA of IEC 62271-200:2011 or IEC 62271-201:2014 for accessibility Type A.

When performing the internal arc test on high-voltage interconnection (See Figure AA.3) the indicators shall be located at any accessible side, at 300 mm from the closest position the operator can reach in normal operating conditions.

NOTE 2 Normally some kind of barrier or obstacle should provide an "out of reach" condition with respect to an open-air conductor or connector.

Indicators shall also be arranged horizontally at a height of 2 m above the ground level as described in Figure AA.3) and covering the whole area between 300 mm and 800 mm from the CEADS. The indicators shall be evenly distributed, arranged in a checkerboard pattern, covering 40 % à 50 % of the area.

Where the design of the CEADS includes a space below the floor to receive the exhausting gases, the behaviour of the floor shall be assessed from the point of view of the safety of the operator standing on it. Two situations are considered:

- if the design and construction of the floor makes possible the displacement of pieces of it or allows exhausting gases to escape through gaps or joints another horizontal rack with indicators will be placed at a distance of 100 mm from the floor (see Figure AA.5));
- in other cases this horizontal rack is not necessary.

b) Test to prove level of protection to general public. Accessibility type B (unrestricted accessibility)

Indicators shall be fitted vertically at all accessible sides of the CEADS up to 2 m above the ground level. If the actual height of CEADS is lower than 1,9 m, vertical indicators shall be fitted up to a height 100 mm higher than the test object (See Figure AA.4)).

The indicators shall be evenly distributed, arranged in a checkerboard pattern, covering 40 % to 50 % of the area.

The distance from the indicators to the CEADS shall be $100 \text{ mm} \pm 5 \text{ mm}$.

If the CEADS is higher than 2 m, indicators shall also be arranged horizontally at a height above the ground level as described in Figure AA.4), and covering the whole area between 100 mm and 800 mm from CEADS.

If the CEADS is lower than 2 m, indicators shall be placed instead, in a checkerboard pattern, above the equipment, if accessible, at a distance of $100 \text{ mm} \pm 5 \text{ mm}$. For CEADS lower than 800 mm, the entire upper surface shall be covered.

Where the design of the CEADS includes a space below the floor to receive the exhausting gases, the behaviour of the floor shall be assessed from the point of view of the safety of the general public standing on it. Two situations are considered:

- if the design and construction of the floor makes possible the displacement of pieces of it or allows exhausting gases to escape through gaps or joints another horizontal rack with indicators will be placed at a distance of 100 mm from the floor (see Figure AA.6);
- in other cases this horizontal rack is not necessary.

AA.4 Tolerances for geometrical dimensions of test arrangements

Summary of tolerances for geometrical dimensions of test arrangements as given in the text (the values given there in brackets are tolerances only for the actual test arrangement and do not extend the required values):

- indicator dimensions: $0/+15 \text{ mm}$;
- depth of the steel frame for indicators: $-3/0 \text{ mm}$;
- height of indicators $\pm 50 \text{ mm}$;
- distance between test object and indicators;
 - accessibility type A $\pm 30 \text{ mm}$;
 - accessibility type B $\pm 5 \text{ mm}$.

AA.5 Test parameters

Clause AA.4 of IEC 62271-200:2011 or Clause AA.4 of IEC 62271-201:2014 is applicable.

AA.6 Test procedure

The test procedures and the number of tests on high-voltage functional unit are dependent on whether the switchgear has an IAC classification according IEC 62271-200:2011 or not. Figures AA.4 and AA.5 provide selection criteria for high-voltage compartment to be tested.

The test procedures and the number of tests on the high-voltage interconnection depend on the type of transformer protection in the switchgear and type of interconnection. Figures AA.6 and AA.7 provide selection criteria for high-voltage interconnection to be tested.

The internal arc tests covering the case of a fault inside the high-voltage functional unit shall be performed according to Annex AA of IEC 62271-200:2011 for metal-enclosed switchgear class IAC, including the point of initiation of the arc.

The tests covering the case of a fault in the high-voltage interconnection shall be performed following, as applicable, the provisions of Annex AA of IEC 62271-200:2011 or IEC 62271-201:2014.

The point of initiation shall be located at the furthest accessible point from the supply. The feeding direction shall be in accordance with the normal expected flow of the energy in service.

For each accessibility type of a CEADS the three-phase arc initiation within the switching compartment of the high-voltage functional unit is mandatory (see Figures AA.7 and AA.8). Additionally, upon agreement between manufacturer and user the arc initiation within other compartments of the high-voltage functional unit may be carried out.

Internal arc testing on high-voltage insulated ground-shielded type tested interconnections is not mandatory (see Figures AA.6 and AA.7). However a non mandatory test can be agreed between manufacturer and user. In that case AA.5.2.3.1 of IEC 62271-200:2011 is applicable.

Internal arc testing need to be performed on high-voltage solid insulated interconnections equipped with insulated connections according to IEC 60050-461:2008, 461-10-16 or 461-10-21.

In case of equipment without high-voltage functional unit and having incoming cables directly connected to the bushings of the high-voltage/low-voltage transformer functional unit, testing shall be carried out as follows:

- a three phase test in case of connections uninsulated or fitted with site-made solid insulation;
- a single or two phase test in the case of plug in insulated connections. For phase to ground test the current value to be stated by the manufacturer. For two-phase test current will be 87 % of the rated short time withstand current.

In case that fuse-base devices are used as the only high-voltage functional unit, a three phase test shall be performed at the feeding side of the fuse-bases.

The test procedures and the number of tests on the interconnections depend on the type of transformer protection in the switchgear and type of interconnections. Figures AA.9 and AA.10 show the principles for selection of tests to be performed.

AA.7 Designation of the internal arc classification

In case that class IAC-A, IAC-B or IAC-AB is proven by the tests, according to 6.101, the CEADS will be designated as follows:

- general: class IAC (initials of internal arc classified at the high-voltage side);
- class A if protection to operator is proven;
- class B if protection to public is proven;
- class AB if protection of both operators and public is proven;
- F, L, R: accessible sides;
- test ratings: RMS value of the test current in kA, and duration in second(s).

EXAMPLE 1

A CEADS tested for a fault current (RMS) of 16 kA for 0,5 s tested for protection to operators (4.102) accessible at all sides.

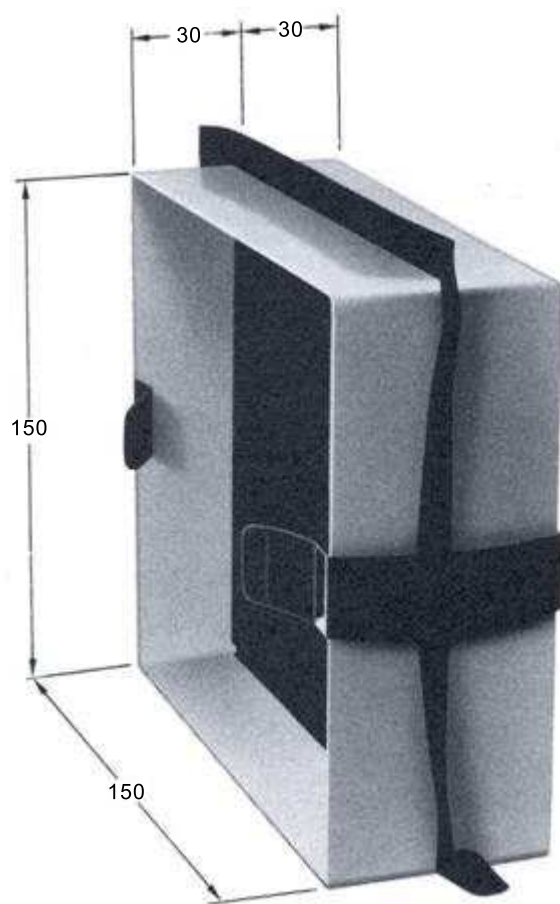
Designation: Class IAC-AFLR – 16 kA – 0,5 s.

EXAMPLE 2

A CEADS tested for a fault current (RMS) of 12,5 kA for 1 s tested for protection to general public (4.102), accessible only at front side.

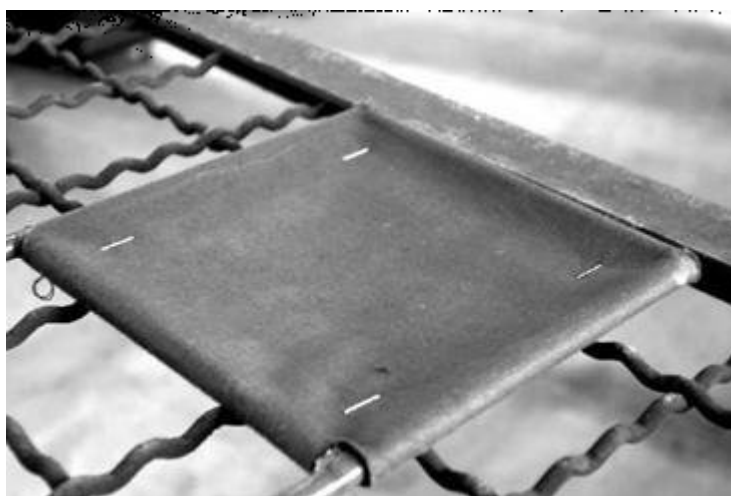
Designation: Class IAC-BF- 12,5 kA – 1 s.

Dimensions in millimetres



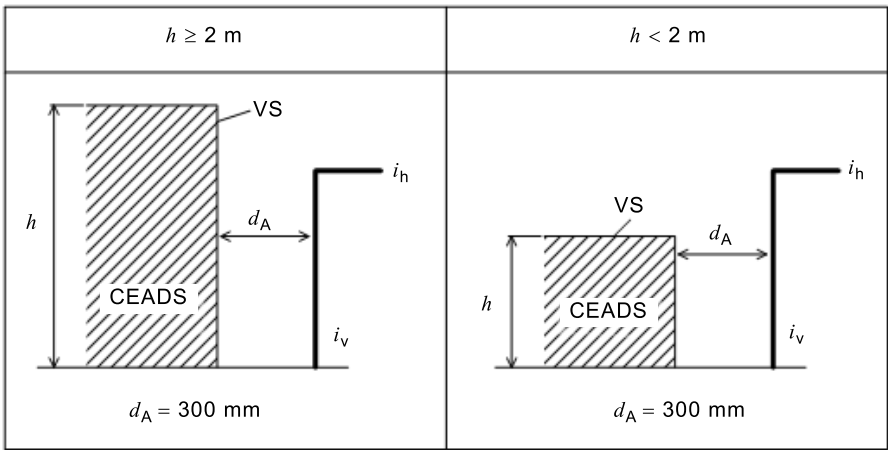
IEC

Figure AA.1 – Mounting frame for vertical indicators



IEC

Figure AA.2 – Horizontal indicators

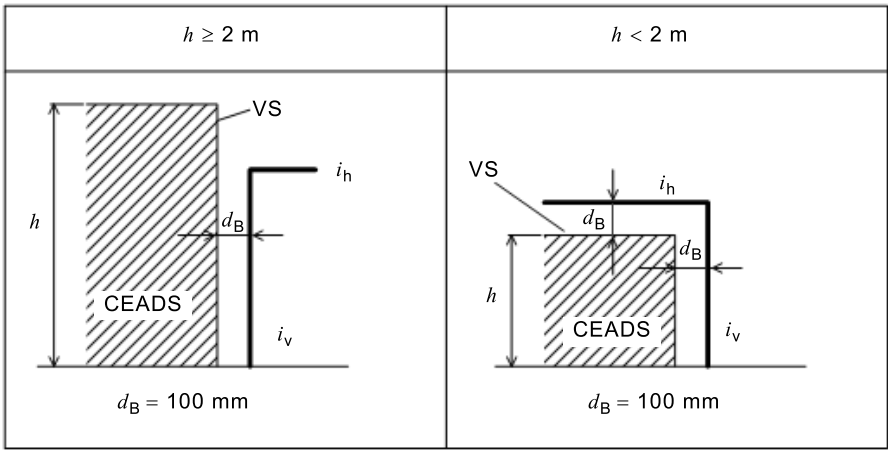


IEC

Key

- i_h is the position of horizontal indicators;
- i_v is the position of vertical indicators;
- h is the height of the CEADS;
- d_A is the horizontal distance of indicators to the CEADS (classified side(s)).
- VS is the virtual surface that envelopes the CEADS.

Figure AA.3 – Protection of operators in front of classified side(s) of CEADS

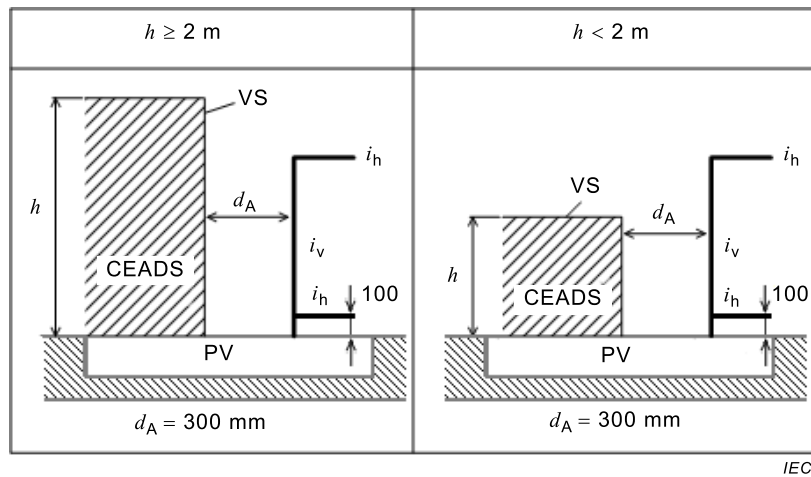


IEC

Key

- i_h is the position of horizontal indicators;
- i_v is the position of vertical indicators;
- h is the height of the CEADS;
- d_B is the horizontal distance of indicators to CEADS;
- VS is the virtual surface that envelopes the CEADS.

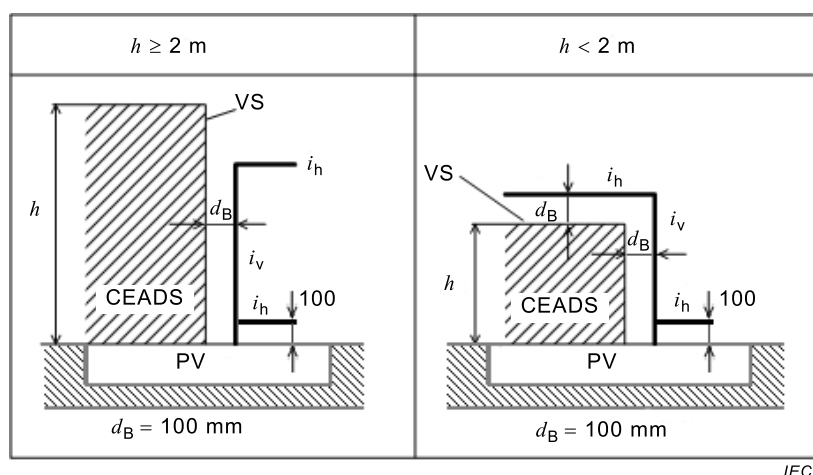
Figure AA.4 – Protection of general public around the CEADS



Key

- i_h is the position of horizontal indicators;
- i_v is the position of vertical indicators;
- h is the height of the CEADS;
- d_A is the horizontal distance of indicators to the CEADS (classified side(s));
- PV is the pressure relief volume to exhaust gases.
- VS is the virtual surface that envelopes the CEADS.

Figure AA.5 – Protection of operators in front of classified side(s) of CEADS having a pressure relief volume below the floor

**Key**

- i_h is the position of horizontal indicators;
- i_v is the position of vertical indicators;
- h is the height of the CEADS;
- d_B is the horizontal distance of indicators to CEADS;
- VS is the virtual surface that envelops the CEADS;
- PV is the pressure relief volume to exhaust gases.

Figure AA.6 – Protection of general public around the CEADS having a pressure relief volume below the floor

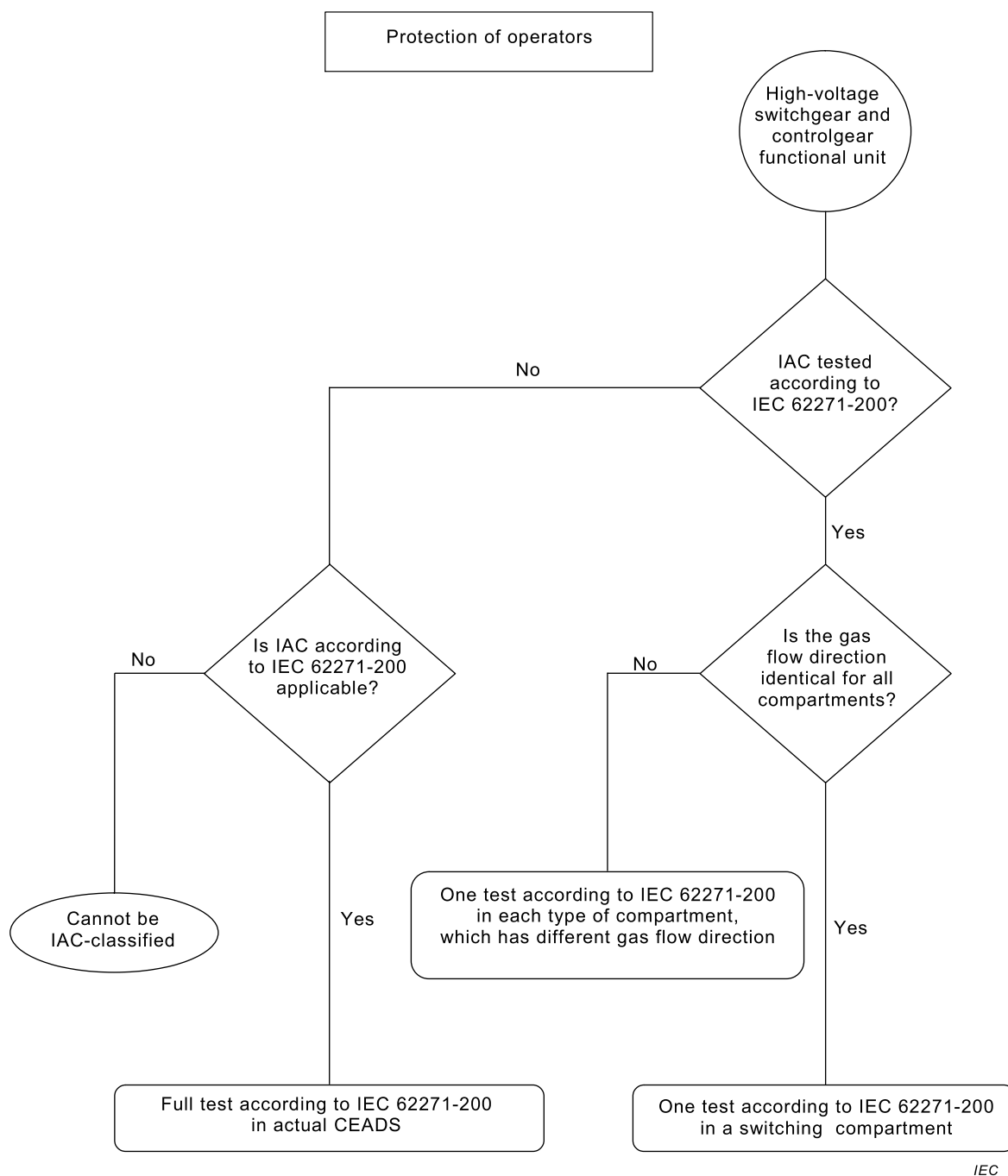
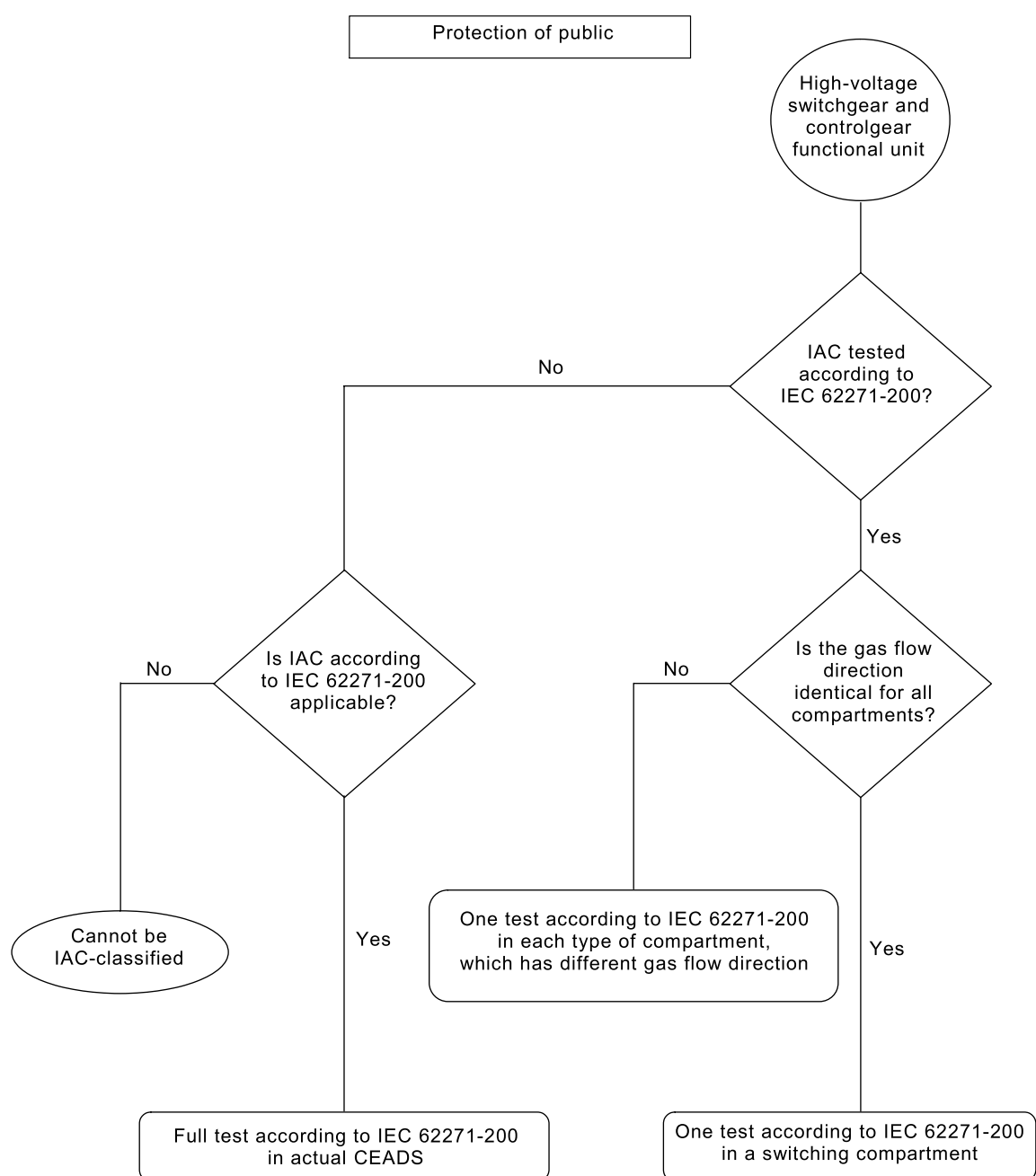
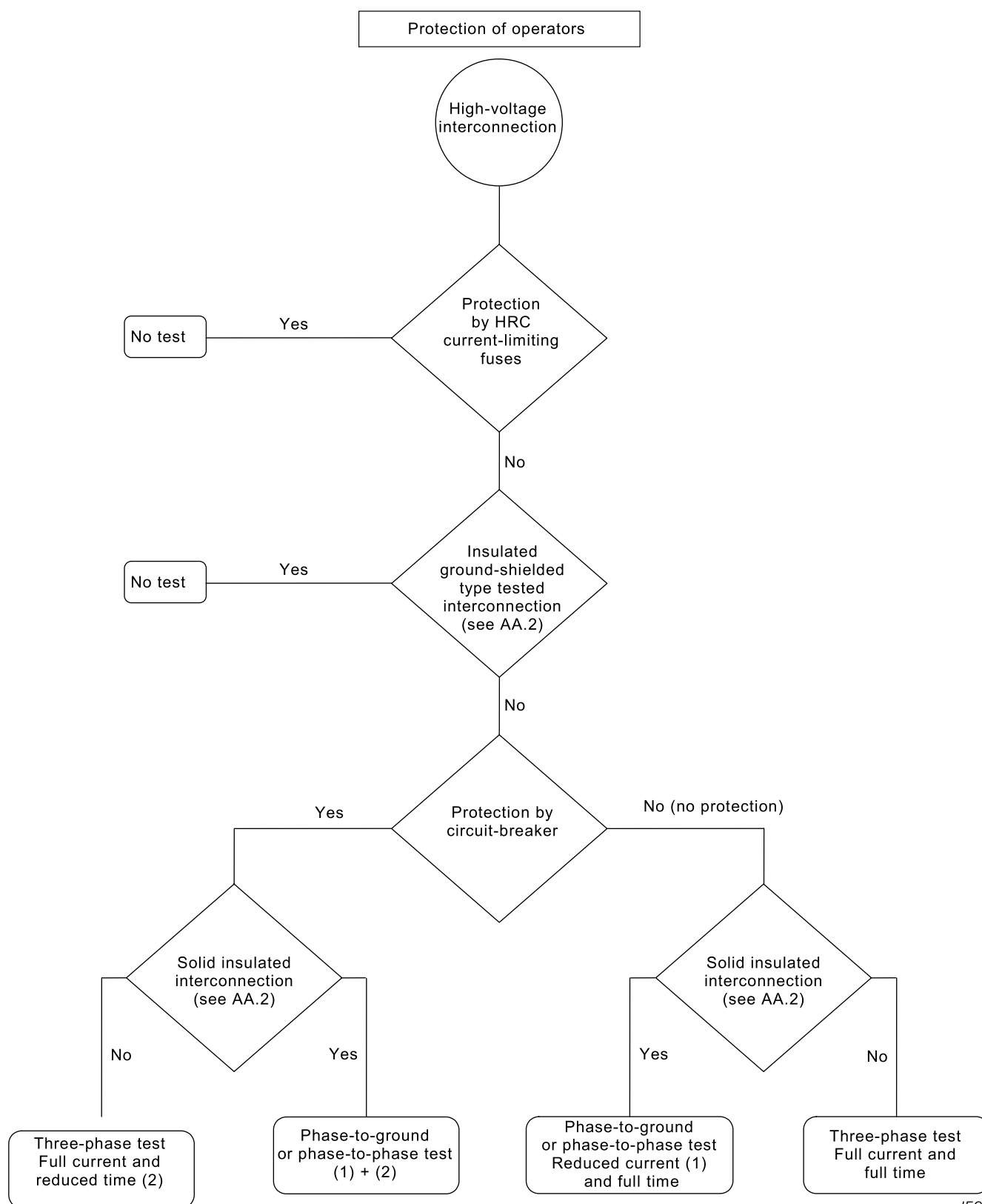


Figure AA.7 – Selection of tests on high-voltage switchgear for class IAC-A



IEC

Figure AA.8 – Selection of tests on high-voltage switchgear for class IAC-B



IEC

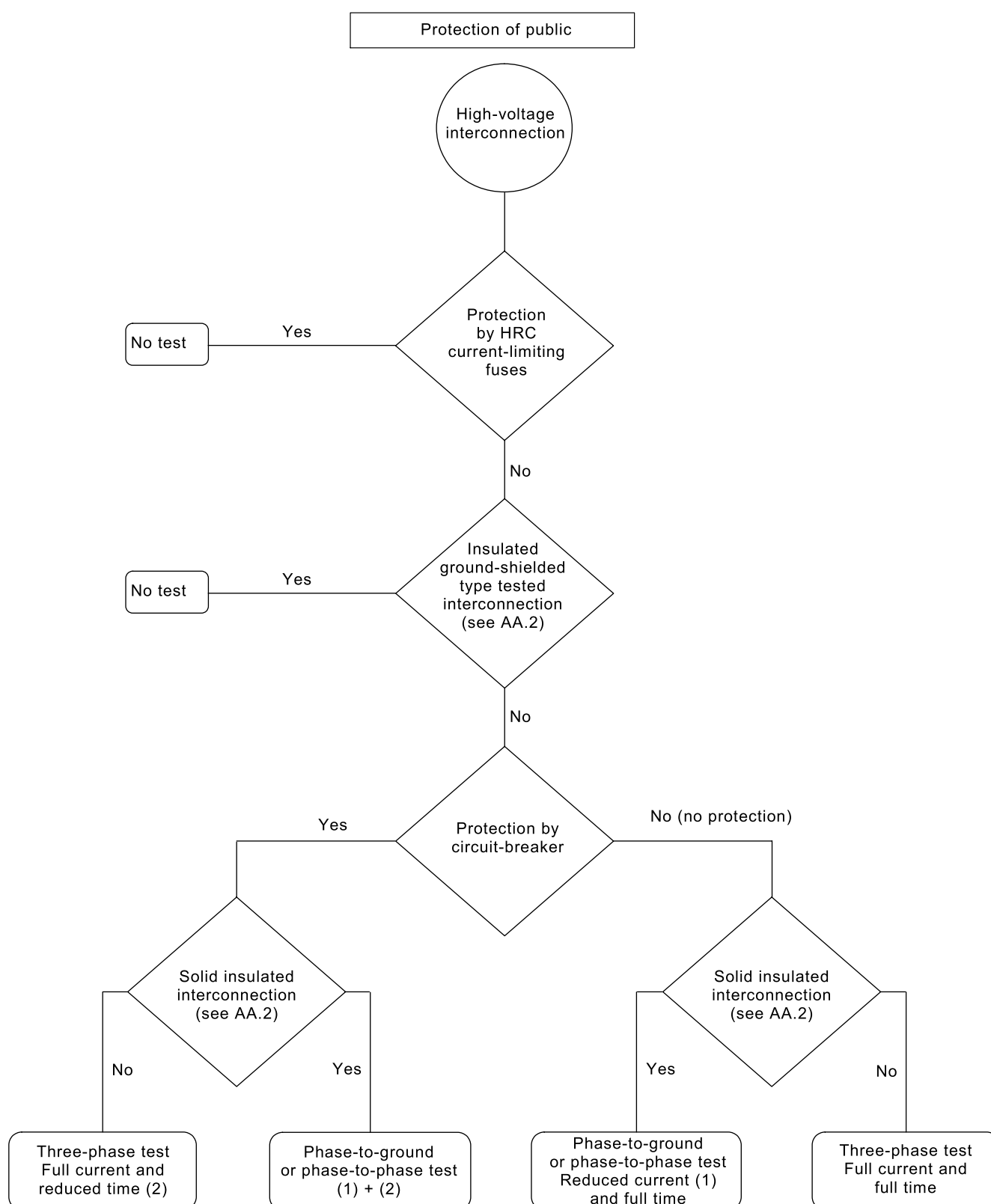
(1) IEC 62271-200:2011.

* For phase to ground test the current value to be stated by the manufacturer.

* For phase to phase test the current will be 87% of the rated short-time withstand current.

(2) The time can be stated by the manufacturers, taking into account the time-setting of the protection.

Figure AA.9 – Selection of tests on high-voltage interconnection for class IAC-A



IEC

(1) Applicability of phase to ground or phase to phase test according to the criteria in AA.5.2.1 of IEC 62271-200:2011.

* For phase to ground test the current value to be stated by the manufacturer.

* For phase to phase test the current will be 87% of the rated short-time withstand current.

(2) The time can be stated by the manufacturers, taking into account the time-setting of the protection.

Figure AA.10 – Selection of tests on high-voltage interconnection for class IAC-B

Annex BB

(normative)

Test to verify the sound level of a CEADS

BB.1 Purpose

The purpose of the test is to measure the sound level of a given CEADS in no-load condition. It is expected that the high-voltage/low-voltage transformer functional unit will be the main source of sound. However, even in the case that the high-voltage/low-voltage transformer functional unit is manufactured as an individual transformer according to IEC 60076 (all parts), the test could be considered relevant as the other components of the CEADS might modify the sound level of the transformer or significantly increase it by resonance phenomena.

NOTE Full-load noise level can be considered under special requirement.

The test values are only valid for the tested assembly at the rated operating voltage and frequency.

BB.2 Test object

The CEADS tested shall be fully assembled, comprising all fittings and equipment.

BB.3 Test method

The test shall be carried out according to IEC 60076-10:2016. IEC 60076-10:2016 defines the method of test and calculation of an A-weighted sound level along a prescribed contour around the transformer.

The same method shall be used for measurements on the CEADS where a virtual surface that envelops the assembly (excluding protruding elements, e.g. handles) is considered to be the sound-emitting boundary. The method of measurement shall comply with Clause 5 of IEC 60076-10:2016 with the exception of the requirement for the measuring device, which shall be at 1,5 m above ground level as defined for the CEADS.

BB.4 Measurements

These shall be in accordance with Clause 5 of IEC 60076-10:2016. For the purpose of positioning the measuring instruments, virtual surface defined in Clause BB.3 shall be considered as principal radiating surface of the CEADS.

BB.5 Presentation and calculation of the results

The sound level shall be calculated in accordance with Clause 12 of IEC 60076-10:2016.

The report of the test shall include all applicable information as given in Clause 15 of IEC 60076-10:2016. In addition, for the CEADS, the following information shall also be included:

- a) main design characteristics of the assembly, including materials used;
- b) dimensional drawing of the internal arrangement of the components inside CEADS and any other part that may significantly influence the sound propagation.

NOTE If any sound measurement on any side of the CEADS differs substantially from those on the other sides, the test report records all values to enable the user to take account of the differences when installing the CEADS.

Annex CC (informative)

Types and application of CEADS

CC.1 Type of CEADS

CC.1.1 General

The document classifies CEADS in three general types: grouped CEADS (CEADS-G), associated CEADS (CEADS-A) and integrated CEADS (CEADS-I). The three types of CEADS may differ by the type of interconnections, layout and level of proximity and/or integration of the functional units, which –in some cases- include to share parts and/or dielectric medium between certain functions, etc.

CC.1.2 CEADS-G

This type of CEADS is characterised by the fact that its functional units are manufactured as independent products, which fully comply with their respective product standard. Different layouts can be used (see a non comprehensive example in Figure CC.2) but in all cases the functional units are placed in proximity but not attached to each other. Interconnections between functional units are of conventional type (cables or bus-bar arrangements).

CC.1.3 CEADS-A

In this type of CEADS some functional unit(s) may be modified to obtain shorter interconnections or reduce the size of the assembly. Non conventional interfaces between the functional units may be part of the design. It may require that the functional units deviate, to some extent, from their product standard (e.g. the bushings of the transformer may be different from those mentioned in the relevant standard, or the order of phases can be modified). The functional units are manufactured as independent products, or may share part of their respective enclosures (see a non comprehensive example in Figure CC.3). However none of these special features are acceptable if they affect negatively the performance, functionality and safety of the product.

CC.1.4 CEADS-I

This type of CEADS is characterised by the integration of high-voltage switchgear (totally or partially) and power transformer within a single enclosure, requiring sharing the insulating medium as well (see a non comprehensive example in Figure CC.4).

CC.2 Application of CEADS

For industrial applications, such as factories, CEADS are intended for application in public distribution networks or at industrial sites.

For public distribution networks, CEADS are installed within an indoor or outdoor closed electrical operating area (see definition 3.103) forming part of a distribution substation.

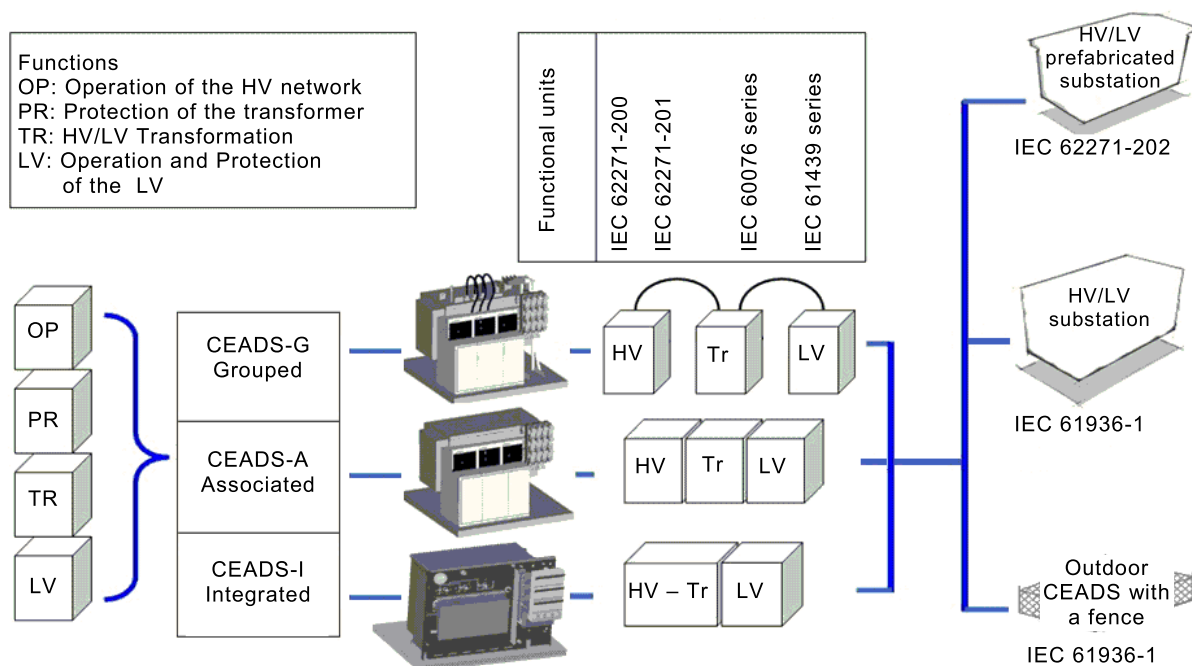
CEADS can be installed outside a closed electrical operating area provided that safety regulations are fulfilled by additional measures adopted at the installation site under the responsibility of the designer of the installation.

Figure CC.1, below, describes the application of CEADS to built different types of high-voltage/low-voltage distribution substations.

Once manufactured, the CEADS (any of the different types) is ready to follow to the final alternative step of the erection of the substation by:

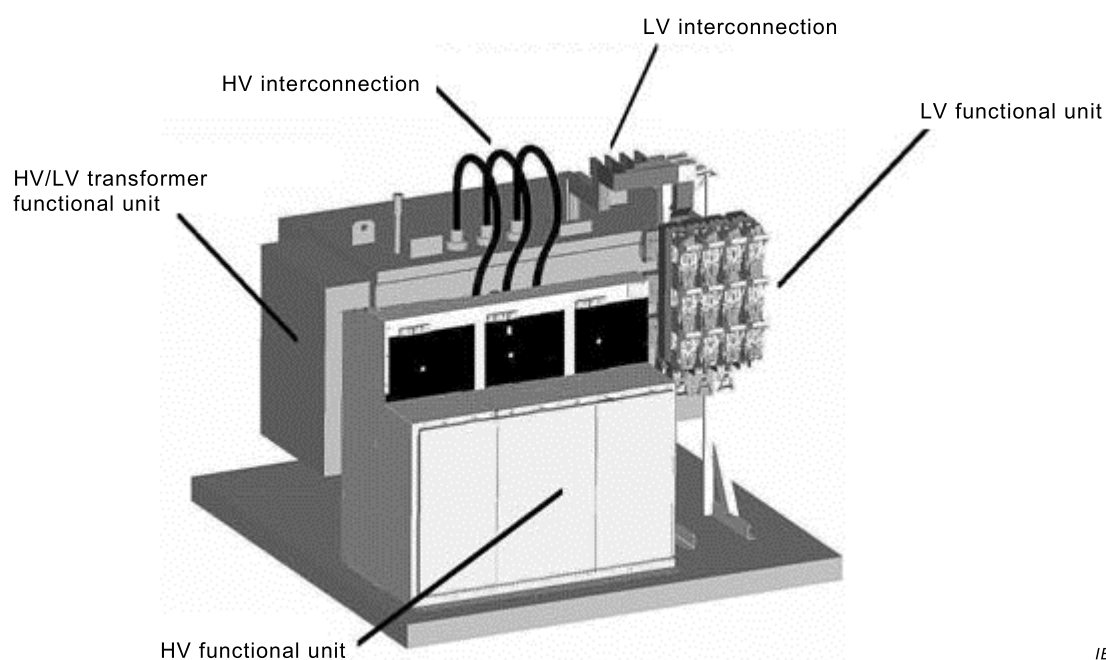
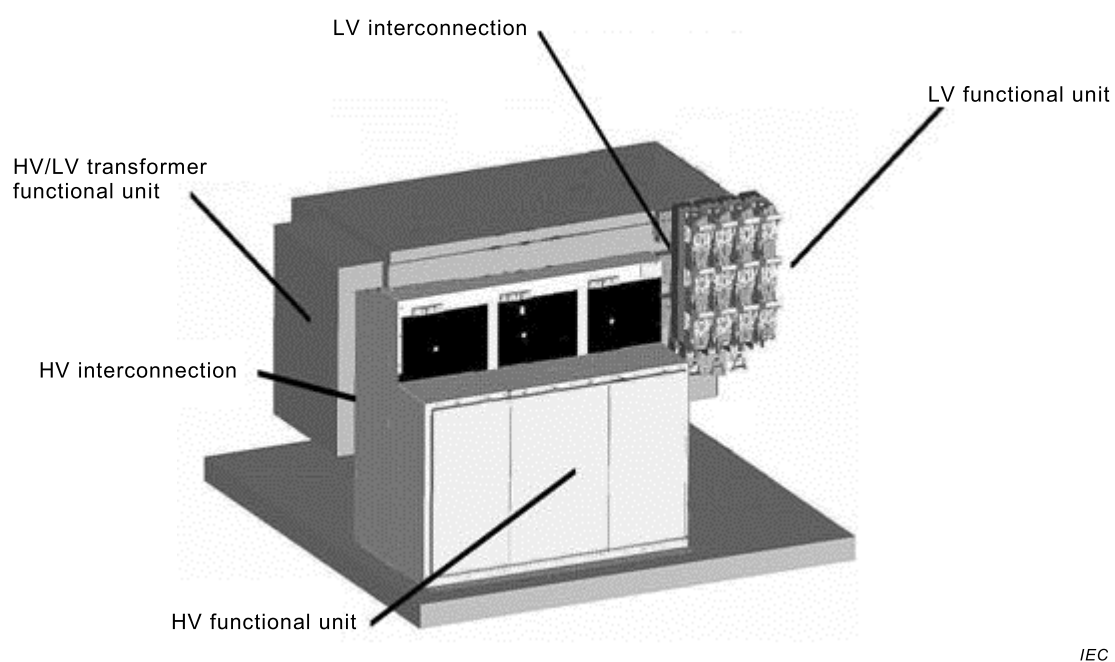
- a) transporting it to the site and install it into the closed electrical operating area. No additional internal installation works and interconnection are necessary there, except for special cases where the CEADS is delivered in several units due to transport and site access constraints, by agreement between the manufacturer and the user.
- b) introducing it into a enclosure in the factory and then the complete assembly been transported to the installation site.

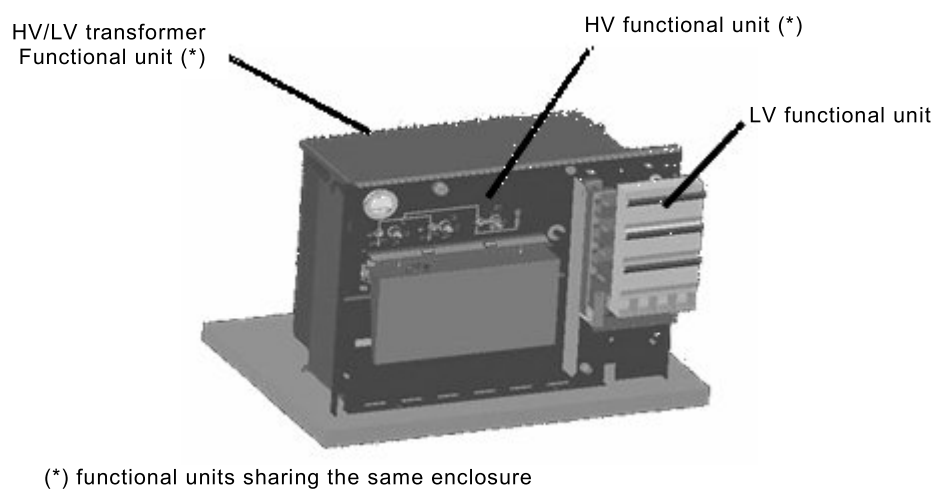
Compact Equipment Assembly for Distribution Substations



IEC

Figure CC.1 – Application of CEADS

**Figure CC.2 – CEADS Type G****Figure CC.3 – CEADS Type A**



IEC

Figure CC.4 – CEADS Type I

Bibliography

IEC 60059:1999, *IEC standard current ratings*

IEC 60076-13:2006, *Power transformers – Part 13: Self-protected liquid-filled transformers*

IEC TR 61641:2014, *Enclosed low-voltage switchgear and controlgear assemblies – Guide for testing under conditions of arcing due to internal fault*

IEC 61936-1:2010, *Power installations exceeding 1 kV a.c. – Part 1: Common rules*

IEC 62271-4:2013, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 4: Handling procedures for sulphur hexafluoride (SF₆) and its mixtures*

IEC TR 62271-208:2009, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 208: Methods to quantify the steady state, power-frequency electromagnetic fields generated by HV switchgear assemblies and HV/LV prefabricated substations*

IEC TS 62271-210:2013, *High voltage switchgear and controlgear – Part 210: Seismic qualification for metal enclosed and solid-insulation enclosed switchgear and controlgear assemblies for rated voltages above 1 kV and up to and including 52 kV*

EN 50464-4:2007, *Three-phase oil-immersed distribution transformers 50 Hz, from 50 kVA to 2 500 kVA with highest voltage for equipment not exceeding 36 kV – Part 4: Requirements and tests concerning pressurised corrugated tanks*

IEEE C57.12.00:2010, *Standard General Requirements for Liquid-Immersed Distribution, Power, and Regulating Transformers*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	80
INTRODUCTION	82
1 Généralités	83
1.1 Domaine d'application	83
1.2 Références normatives	83
2 Conditions normales et spéciales de service	85
2.1 Conditions normales de service	85
2.2 Conditions spéciales de service	86
3 Termes et définitions	86
4 Caractéristiques assignées	87
4.1 Tension assignée	88
4.2 Niveau d'isolement assigné	88
4.3 Fréquence assignée (f_r)	88
4.4 Courant assigné en service continu et échauffement	89
4.4.1 Courant assigné en service continu (I_r , I_{nA})	89
4.4.2 Echauffement	89
4.5 Courant de courte durée admissible assigné (I_k , I_{ke} , I_{cw})	89
4.5.101 Courants de courte durée assignés phase-phase et phase-terre de l'unité fonctionnelle haute tension et courant de courte durée assigné de l'interconnexion haute tension (I_k , I_{ke})	89
4.5.102 Courants de courte durée assignés de l'unité fonctionnelle basse tension et de l'interconnexion basse tension (I_{cw})	90
4.5.103 Courants de courte durée de l'unité fonctionnelle transformateur haute tension/basse tension	90
4.6 Valeur de crête du courant admissible assigné (I_p , I_{pe} , I_{pk})	90
4.6.101 Courants de valeur de crête assignés phase-phase et phase-terre de l'unité fonctionnelle haute tension et courant de valeur de crête assigné de l'interconnexion haute tension (I_p , I_{pe})	90
4.6.102 Courants de valeur de crête assignés de basse tension et de l'interconnexion basse tension (I_{pk})	90
4.6.103 Courants de valeur de crête de l'unité fonctionnelle transformateur haute tension/basse tension	90
4.7 Durées assignées de court-circuit (t_k , t_{ke} , t_{cw})	90
4.7.101 Durée assignée de court-circuit phase-phase (t_k) et durée assignée de court-circuit phase-terre (t_{ke}) de l'unité fonctionnelle haute tension et durée assignée de court-circuit de l'interconnexion haute tension	90
4.7.102 Durée assignée de court-circuit (t_{cw}) pour l'unité fonctionnelle basse tension et l'interconnexion basse tension	91
4.7.103 Durée de court-circuit pour l'unité fonctionnelle transformateur haute tension/basse tension	91
4.8 Tension assignée d'alimentation des dispositifs d'ouverture et de fermeture, et des circuits auxiliaires et de commande	91
4.9 Fréquence assignée d'alimentation des dispositifs de fermeture et d'ouverture, et des circuits auxiliaires	91
4.101 Puissance assignée et pertes totales de l'ECEPD	91
4.102 Caractéristiques assignées de la classification d'arc interne (IAC)	91
4.102.1 Généralités	91
4.102.2 Types d'accessibilité (A, B, AB)	91
4.102.3 Côtés classifiés	92

4.102.4	Courants assignés de défaut d'arc (I_A , I_{Ae}).....	92
4.102.5	Durée de défaut d'arc assignée (t_A , t_{Ae}).....	92
5	Conception et construction	93
5.1	Exigences pour les liquides utilisés dans l'appareillage.....	93
5.2	Exigences pour les gaz utilisés dans l'appareillage	93
5.3	Raccordement à la terre de l'appareillage	93
5.4	Equipements auxiliaires et de commande	94
5.5	Manœuvre dépendante à source d'énergie extérieure	94
5.6	Manœuvre à accumulation d'énergie.....	94
5.7	Manœuvre indépendante manuelle ou manœuvre indépendante à source d'énergie extérieure (manœuvre indépendante sans accrochage mécanique)	94
5.8	Fonctionnement des déclencheurs	94
5.9	Dispositifs de verrouillage et de surveillance basse et haute pression.....	94
5.10	Plaques signalétiques	95
5.11	Dispositifs de verrouillage	95
5.12	Indicateur de position.....	95
5.13	Degrés de protection procurés par les enveloppes	95
5.14	Lignes de fuite pour les isolateurs d'extérieur	96
5.15	Etanchéité au gaz et au vide	96
5.16	Etanchéité au liquide	96
5.17	Risque de feu (inflammabilité).....	96
5.18	Compatibilité électromagnétique (CEM)	96
5.19	Emission de rayons X	96
5.20	Corrosion	96
5.101	Protection contre les contraintes mécaniques	96
5.102	Protection de l'environnement du fait de défauts internes	97
5.103	Défaut d'arc interne	97
5.104	Enveloppes	98
5.105	Emission de bruit	98
5.106	Champs électromagnétiques	98
6	Essais de type	98
6.1	Généralités	98
6.1.1	Groupement des essais	99
6.1.2	Informations pour l'identification des objets soumis à essai	99
6.1.3	Informations à inclure dans les rapports d'essais de type	99
6.2	Essais diélectriques	100
6.2.1	Généralités	100
6.2.2	Essais diélectriques de l'interconnexion haute tension.....	100
6.2.3	Essais diélectriques de l'interconnexion basse tension	101
6.2.4	Essais diélectriques sur l'unité fonctionnelle haute tension	102
6.2.5	Essais diélectriques sur l'unité fonctionnelle transformateur haute tension/basse tension	102
6.2.6	Essais diélectriques sur l'unité fonctionnelle basse tension	102
6.2.7	Essais de décharges partielles	103
6.3	Essai de tension de perturbation radioélectrique	103
6.4	Mesurage de la résistance des circuits.....	103
6.5	Essais d'échauffement	103
6.5.1	Généralités	103
6.5.2	Conditions d'essai	103

6.5.3	Méthodes d'essai	104
6.5.4	Cas spécial d'une unité fonctionnelle transformateur haute tension/basse tension de type sec	107
6.5.5	Mesures	108
6.6	Essais au courant de courte durée et à la valeur crête du courant admissible	110
6.6.1	Essais au courant de courte durée et à la valeur crête du courant admissible du circuit principal des unités fonctionnelles haute tension et basse tension	110
6.6.2	Essais au courant de courte durée et à la valeur crête du courant admissible sur les interconnexions haute tension et basse tension	110
6.6.3	Essais au courant de courte durée et à la valeur crête du courant admissible des circuits de mise à la terre.....	110
6.6.4	Essais au courant de courte durée et à la valeur de crête du courant admissible de l'unité fonctionnelle transformateur haute tension/basse tension	111
6.7	Vérification de la protection.....	111
6.7.1	Vérification du degré de protection (codage IP)	111
6.7.2	Vérification de la résistance aux impacts mécaniques (codage IK).....	111
6.8	Essais d'étanchéité	111
6.9	Essais de compatibilité électromagnétique (CEM)	111
6.10	Essais complémentaires sur les circuits auxiliaires et de commande.....	111
6.10.1	Généralités	111
6.10.2	Essais fonctionnels	112
6.10.3	Essai de continuité électrique des pièces métalliques reliées à la terre.....	112
6.10.4	Vérification des caractéristiques de fonctionnement des contacts auxiliaires	112
6.10.5	Essais d'environnement	112
6.10.6	Essai diélectrique	112
6.11	Procédure d'essai des rayonnements X pour les interrupteurs à vide	112
6.101	Essai d'arc interne	112
6.101.1	Généralités	112
6.101.2	Conditions d'essai	113
6.101.3	Agencement de l'équipement.....	114
6.101.4	Mode opératoire d'essai.....	114
6.101.5	Critères pour réussir l'essai	114
6.101.6	Rapport d'essai.....	114
6.101.7	Transférabilité des résultats des essais	115
6.102	Vérification des pouvoirs de fermeture et de coupure.....	115
6.103	Essais de fonctionnement mécanique	115
6.104	Essai de stabilité mécanique.....	116
6.105	Essais de tenue à la pression pour les compartiments à remplissage de gaz	116
6.106	Mesures des courants de fuite des enveloppes non métalliques.....	116
6.107	Essai de protection contre les intempéries	116
6.108	Etanchéité et résistance mécanique des compartiments remplis de liquide	117
6.109	Mesure ou calcul des champs électromagnétiques.....	117
7	Essais individuels de série	117
7.1	Essais diélectriques sur le circuit principal	117
7.1.1	Généralités	117
7.1.2	Essais diélectriques sur l'unité fonctionnelle haute tension	118
7.1.3	Essais diélectriques de l'unité fonctionnelle transformateur haute tension/basse tension et de l'interconnexion haute tension	118

7.1.4	Essais diélectriques sur l'unité fonctionnelle basse tension et l'interconnexion basse tension	118
7.2	Essais sur les circuits auxiliaires et de commande	118
7.3	Mesurage de la résistance du circuit principal	118
7.4	Essai d'étanchéité	118
7.5	Contrôles visuels et du modèle	119
7.101	Essais de fonctionnement mécanique de l'une unité fonctionnelle haute tension	119
7.102	Essais de pression des compartiments à remplissage de gaz	119
7.103	Essais des dispositifs auxiliaires électriques, pneumatiques et hydrauliques	119
7.104	Mesure de la résistance des enroulements	119
7.105	Mesure du rapport de tension	119
7.106	Mesure de l'impédance de court-circuit et des pertes dues à la charge	119
7.107	Mesure des pertes à vide et du courant à vide	119
7.108	Inspection de l'unité fonctionnelle basse tension, incluant l'inspection du câblage et, si nécessaire, un essai de fonctionnement électrique	119
7.109	Vérification des mesures de protection et de la continuité électrique des circuits de protection de l'unité fonctionnelle basse tension	120
7.110	Essais après l'assemblage sur site	120
8	Guide du choix de l'ECEPD	120
8.1	Choix des valeurs assignées	120
8.2	Surcharge continue ou temporaire due à un changement des conditions de service	120
8.101	Choix de la classification d'arc interne	120
8.102	Informations	123
9	Renseignements à donner dans les appels d'offres, les soumissions et les commandes	127
9.1	Renseignements dans les appels d'offres et les commandes	127
9.2	Renseignements pour les soumissions	128
10	Règles de transport, d'installation, de manœuvre et de maintenance	129
10.1	Conditions à respecter pendant le transport, le stockage et l'installation	129
10.2	Installation	129
10.2.1	Déballage et manutention	129
10.2.2	Assemblage	129
10.2.3	Montage	130
10.2.4	Inspection finale de l'installation	130
10.3	Fonctionnement	130
10.4	Maintenance	130
10.5	Démontage, recyclage et élimination en fin de vie	130
11	Sécurité	130
11.101	Aspects électriques	131
11.102	Aspects mécaniques	131
11.103	Aspects thermiques	131
11.104	Aspects liés aux arcs internes	131
12	Influence du produit sur l'environnement	131
Annexe AA (normative)	Méthode d'essai de l'ECEPD en conditions d'arc dues à un défaut d'arc interne	132
AA.1	Généralités	132
AA.2	Local d'essai	132
AA.3	Indicateurs (pour évaluer les effets thermiques des gaz)	132

AA.3.1	Généralités	132
AA.3.2	Agencement des indicateurs	133
AA.4	Tolérances pour les dimensions géométriques des agencements d'essai	134
AA.5	Paramètres d'essai	134
AA.6	Mode opératoire d'essai	134
AA.7	Désignation de la classification arc interne	135
Annexe BB (normative)	Essai pour vérifier le niveau de bruit d'un ECEPD	144
BB.1	Objectif	144
BB.2	Objet soumis à essai	144
BB.3	Méthode d'essai	144
BB.4	Mesures	144
BB.5	Présentation et calcul des résultats	144
Annexe CC (informative)	Types et utilisation de l'ECEPD	146
CC.1	Types d'ECEPD	146
CC.1.1	Généralités	146
CC.1.2	ECEPD-G	146
CC.1.3	ECEPD-A	146
CC.1.4	ECEPD-I	146
CC.2	Utilisation de l'ECEPD	146
Bibliographie		150

Figure 1 – Schéma d'essai dans le cas d'une unité fonctionnelle haute tension soumise à des essais de type	105
Figure 2 – Schéma d'essai dans le cas d'une unité fonctionnelle haute tension non soumise à des essais de type	106
Figure 3 – Autre schéma dans le cas d'une unité fonctionnelle haute tension soumise à des essais de type	107
Figure 4 – Schéma pour l'essai en circuit ouvert	108
Figure AA.1 – Cadre de montage pour les indicateurs verticaux	136
Figure AA.2 – Indicateurs horizontaux	137
Figure AA.3 – Protection des opérateurs devant le(s) côté(s) classifié(s) de l'ECEPD	137
Figure AA.4 – Protection du public autour de l'ECEPD	138
Figure AA.5 – Protection des opérateurs devant le(s) côté(s) classifié(s) de l'ECEPD avec un volume limiteur de pression sous le sol	138
Figure AA.6 – Protection du public autour de l'ECEPD avec un volume limiteur de pression sous le sol	139
Figure AA.7 – Sélection des essais sur l'appareillage haute tension pour la classe IAC-A... ..	140
Figure AA.8 – Sélection des essais sur l'appareillage haute tension pour la classe IAC-B... ..	141
Figure AA.9 – Sélection des essais sur l'interconnexion haute tension pour la classe IAC-A.....	142
Figure AA.10 – Sélection des essais sur l'interconnexion haute tension pour la classe IAC-B.....	143
Figure CC.1 – Utilisation de l'ECEPD	147
Figure CC.2 – ECEPD de type G	148
Figure CC.3 – ECEPD de type A.....	148
Figure CC.4 – ECEPD de type I	149

Tableau 1 – Emplacements, causes et exemples de mesures de diminution de la probabilité d'un arc dû à un défaut interne	121
Tableau 2 – Exemples de mesures de limitation des conséquences d'un arc dû à un défaut interne	122
Tableau 3 – Résumé des exigences techniques et valeurs assignées pour l'ECEPD – Conditions de service	123
Tableau 4 – Résumé des exigences techniques, valeurs assignées pour l'ECEPD – Valeurs assignées de l'ECEPD	124
Tableau 5 – Résumé des exigences techniques, valeurs assignées pour l'ECEPD – Conception et construction de l'ECEPD	126

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

APPAREILLAGE À HAUTE TENSION –

**Partie 212: Ensemble Compact d'Équipement
pour Postes de Distribution (ECEPD)**

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.

La Norme internationale IEC 62271-212 a été préparée par le sous-comité 17C: Ensembles, du Comité Technique de l'IEC 17: Appareillage à haute tension.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
17C/645/FDIS	17C/650/RVD

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

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

Il convient de lire la présente Norme internationale conjointement avec l'IEC 62271-1:2007, à laquelle elle se réfère et qui est applicable sauf indication contraire. Afin de simplifier l'indication des exigences correspondantes, la numérotation des articles et des paragraphes est la même que dans l'IEC 62271-1. Les amendements à ces articles et ces paragraphes sont donnés avec la même numérotation, tandis que les paragraphes supplémentaires sont numérotés à partir de 101.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 62271, publiées sous le titre général *Appareillage à haute tension*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

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. 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

Un poste de distribution haute tension/basse tension est traditionnellement construit en installant les principaux composants électriques – appareillage haute tension, transformateur(s) de distribution et le(s) tableau(x) de distribution basse tension correspondant(s) – dans un local de service électrique fermé. Cela peut être une pièce dans un bâtiment destiné à d'autres utilisations (non électriques) ou un local séparé (préfabriqué ou non) conçu spécifiquement pour contenir le matériel électrique du poste ou une zone ouverte délimitée par des clôtures.

Il y a quelques années, dans le cadre de la recherche d'un poste plus standardisé et compact, le concept de poste préfabriqué a été développé. L'IEC 62271-202 couvre ce type de poste. Conformément au présent document, les principaux composants électriques (appareillage haute tension, transformateur et appareillage basse tension) sont totalement conformes à leur norme respective, et le poste complet, interconnexions et enveloppe comprises, est conçu et soumis à des essais de type puis fabriqué et soumis à des essais individuels de série en usine. La qualité du poste est par conséquent assurée par le fabricant.

Par ailleurs, d'autres types d'ensembles ont été introduits sur le marché. Il s'agit d'ensembles comprenant les principaux composants actifs électriques du poste et leurs interconnexions, livrés sous la forme d'un produit monobloc. Le produit peut par conséquent être soumis à des essais de type, fabriqué, soumis à des essais individuels de série en usine, transporté puis installé dans un local de service électrique fermé.

Ce type de produit soumis à des essais de type et assemblé en usine est couvert par le présent document sous le nom d'Ensemble Compact d'Équipement pour Postes de Distribution (ECEPD). De nombreux agencements sont possibles et le présent document donne des lignes directrices sur les principaux types d'ensembles qui peuvent être envisagés.

Un ECEPD ne relève pas de l'IEC 61936-1. L'ECEPD est toutefois destiné à faire partie d'un poste de distribution.

Compte tenu de la proximité étroite des composants qui peuvent même partager certaines parties (enveloppe, isolation solide ou par fluide...), il est très pertinent d'être attentif à leur interaction potentielle. Par conséquent, pour un ECEPD, il n'est ni suffisant ni toujours applicable de se reporter aux normes pertinentes des produits. Le présent document couvre toutes les exigences de conception et de construction supplémentaires ainsi que les méthodes d'essai applicables aux différents types d'ECEPD. En plus des caractéristiques spécifiées, une attention particulière a été portée à la spécification concernant la protection des personnes, aussi bien les opérateurs que le public.

L'ECEPD est aussi un sujet d'intérêt du comité TC 14: Transformateurs de puissance, et du comité TC 121: Appareillages et ensembles d'appareillages basse tension.

APPAREILLAGE À HAUTE TENSION –

Partie 212: Ensemble Compact d'Équipement pour Postes de Distribution (ECEPD)

1 Généralités

1.1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 62271 spécifie les conditions de service, les caractéristiques assignées, les exigences structurelles générales et les méthodes d'essai des ensembles des principales unités fonctionnelles électriques d'un poste de distribution haute tension/basse tension, dûment interconnecté, pour le courant alternatif à des tensions de fonctionnement assignées supérieures à 1 kV et inférieures ou égales à 52 kV du côté haute tension, avec une fréquence de service de 50 Hz ou 60 Hz. Cet ensemble est raccordé par câble au réseau, et il est destiné à être installé dans un local de service électrique fermé en intérieur ou en extérieur.

Un ensemble compact d'équipement pour postes de distribution (ECEPD) tel que défini dans le présent document est conçu et soumis à des essais comme un produit unique avec un numéro de série unique et un ensemble de documentation.

Les fonctions d'un ECEPD sont:

- la connexion et la commande pour les opérations du ou des circuits à haute tension;
- la protection de l'unité fonctionnelle transformateur haute tension/basse tension;
- la transformation haute tension/basse tension;
- la connexion et la commande pour les opérations et la protection des départs basse tension.

Cependant, les dispositions pertinentes du présent document s'appliquent également aux conceptions dans lesquelles ces fonctions n'existent pas toutes (par exemple, un équipement comprenant uniquement la transformation haute tension/basse tension et la connexion et la commande pour le fonctionnement et la protection des fonctions d'alimentation basse tension ou un équipement sans connexion ni commande pour le fonctionnement du ou des circuits haute tension).

NOTE Pour le présent document, un transformateur autoprotégé est considéré non pas comme un ECEPD, mais comme une unité fonctionnelle, conçue et soumise à un essai de type selon sa propre norme IEC 60076-13:2006.

1.2 Références normatives

Les documents suivants cités dans le texte constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

IEC 60050-441:1984, *Vocabulaire électrotechnique international – Appareillage et fusibles*

IEC 60050-461:2008, *Vocabulaire électrotechnique international – Partie 461: Câbles électriques*

IEC 60076 (toutes les parties), *Transformateurs de puissance*

IEC 60076-1:2011, *Transformateurs de puissance – Partie 1: Généralités*

IEC 60076-2:2011, *Transformateurs de puissance – Partie 2: Echauffement des transformateurs immergés dans le liquide*

IEC 60076-3:2013, *Transformateurs de puissance – Partie 3: Niveaux d'isolement, essais diélectriques et distances d'isolement dans l'air*

IEC 60076-5:2006, *Transformateurs de puissance – Partie 5: Tenue au court-circuit*

IEC 60076-7, *Transformateurs de puissance – Partie 7: Guide de charge pour transformateurs immergés dans l'huile*

IEC 60076-10:2016, *Transformateurs de puissance – Partie 10: Détermination des niveaux de bruit*

IEC 60076-11:2004, *Transformateurs de puissance – Partie 11: Transformateurs de type sec*

IEC 60076-12:2008, *Transformateurs de puissance – Partie 12: Guide de charge pour transformateurs de puissance de type sec*

IEC 60076-15:2015, *Transformateurs de puissance – Partie 15: Transformateurs de puissance à isolation gazeuse*

IEC 60243-1:2013, *Rigidité électrique des matériaux isolants – Méthodes d'essai – Partie 1: Essais aux fréquences industrielles*

IEC 60364-4-41:2005, *Installations électriques à basse tension – Partie 4-41: Protection pour assurer la sécurité – Protection contre les chocs électriques*

IEC 60529:1989, *Degrés de protection procurés par les enveloppes (Code IP)*

IEC 60664-1:2007, *Coordination de l'isolement des matériels dans les systèmes (réseaux) à basse tension – Partie 1: Principes, exigences et essais*

IEC 60721-1:1990, *Classification des conditions d'environnement – Partie 1: Agents d'environnement et leurs sévérités*

IEC 60721-2-2:2012, *Classification des conditions d'environnement – Partie 2-2: Conditions d'environnement présentes dans la nature – Précipitation et vent*

IEC 60721-2-4:1987, *Classification des conditions d'environnement – Partie 2-4: Conditions d'environnement présentes dans la nature – Rayonnement solaire et température*

IEC TS 60815 (toutes les parties), *Selection and dimensioning of high-voltage insulators intended for use in polluted conditions* (disponible en anglais seulement)

IEC 60947-1:2007, *Appareillage à basse tension – Partie 1: Règles générales*

IEC 61439 (toutes les parties)¹, *Ensembles d'appareillage à basse tension*

IEC 61439-1:2011 *Ensembles d'appareillage de basse tension – Partie 1: Règles générales*

¹ Cette série doit remplacer certaines parties de la série IEC 60439.

IEC 62262:2002, *Degrés de protection procurés par les enveloppes de matériels électriques contre les impacts mécaniques externes (Code IK)*

IEC 62271-1:2007 *Appareillage à haute tension – Partie 1: Spécifications communes*
IEC 62271-1:2007/AMD1:2011

IEC 62271-200:2011, *Appareillage à haute tension – Partie 200: Appareillage sous enveloppe métallique pour courant alternatif de tensions assignées supérieures à 1 kV et inférieures ou égales à 52 kV*

IEC 62271-201:2014, *Appareillage à haute tension – Partie 201: Appareillage sous enveloppe isolante solide pour courant alternatif de tensions assignées supérieures à 1 kV et inférieures ou égales à 52 kV*

IEC 62271-202:2014, *Appareillage à haute tension – Partie 202: Postes préfabriqués haute tension/basse tension*

ISO/IEC Guide 51:2014, *Aspects liés à la sécurité – Principes directeurs pour les inclure dans les normes*

2 Conditions normales et spéciales de service

2.1 Conditions normales de service

Le Paragraphe 2.1 de l'IEC 62271-1:2007 s'applique avec les ajouts suivants.

La forme d'onde et la symétrie de la tension d'alimentation sont conformes au 4.2 de l'IEC 60076-1:2011.

Pour l'unité fonctionnelle transformateur haute tension/basse tension, les limites de la température moyenne de l'air ambiant citées en 4.2 de l'IEC 60076-1:2011 pour les transformateurs immergés dans un liquide et en 4.2.3 de l'IEC 60076-11:2004 doivent également s'appliquer.

Pour les ECEPD d'intérieur

- la température minimale de l'air ambiant est -5 °C;
- l'équipement doit également être adapté aux conditions d'humidité conformément au 7.1.2.1 de l'IEC 61439-1:2011.

Pour les ECEPD d'extérieur

- les valeurs préférentielles de la température minimale de l'air ambiant sont -10 °C, -25 °C.

NOTE 1 Pour une température ambiante inférieure à -25 °C, l'ECEPD peut être conçu ou utilisé conformément aux normes pertinentes, lorsque cela est applicable, ou conformément au contrat passé entre le fabricant et l'utilisateur.

NOTE 2 Pour une température ambiante supérieure à l'intérieur d'un local, l'utilisateur doit spécifier au fabricant les conditions de service spécifiques.

Lorsque plusieurs unités fonctionnelles partagent un milieu environnant commun et dans certains cas la même enveloppe, il est possible que les conditions de service réelles, en particulier la température, de ces unités fonctionnelles diffèrent grandement des conditions normales de service (air ambiant) du fait de l'interaction entre elles. Cela doit être pris en compte le cas échéant pendant un essai de type (voir par ex. en 6.5.2).

2.2 Conditions spéciales de service

Le Paragraphe 2.2 de l'IEC 62271-1:2007 s'applique avec les ajouts suivants.

Se reporter aux normes concernées pour les différentes unités fonctionnelles.

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et les définitions de l'IEC 60050-441, l'IEC 62271-1:2007 et des normes mentionnées en 1.2, ainsi que les suivants, s'appliquent.

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <http://www.iso.org/obp>

3.101

ensemble compact d'équipement pour postes de distribution

ECEPD

équipement assemblé en usine et soumis à un essai de type comprenant des unités fonctionnelles, décrites en 1.1, dûment interconnectées

Note 1 à l'article: Trois types d'ECEPD sont pris en compte: groupé, associé et intégré (voir Annexe CC pour plus de détails).

3.101.1

ECEPD de type groupé

ECEPD-G

ECEPD dont les unités fonctionnelles sont des équipements autonomes en totale conformité avec leurs normes respectives, dans lequel ces unités fonctionnelles sont placées à proximité les unes des autres selon un agencement spécifié

3.101.2

ECEPD de type associé

ECEPD-A

ECEPD dont les unités fonctionnelles peuvent s'écarter de leur norme produit existante, en dehors de tout aspect susceptible de nuire à la sécurité et/ou au fonctionnement, et dans lequel ces unités fonctionnelles peuvent être indépendantes ou partager des parties de leurs structures ou de leurs enveloppes

3.101.3

ECEPD de type intégré

ECEPD-I

ECEPD dans lequel tout ou partie des unités fonctionnelles haute tension et l'unité fonctionnelle transformation haute tension/basse tension sont contenues dans une enveloppe unique, partageant le même milieu isolant

3.102

unité fonctionnelle

ensemble d'appareils et de composants réalisant une fonction principale donnée de l'ECEPD

Note 1 à l'article: Pour les besoins du présent document, l'unité fonctionnelle a une signification différente de celle des autres normes. Par exemple, dans le présent document, l'unité fonctionnelle haute tension (voir la définition ci-dessous) peut comprendre plusieurs unités fonctionnelles selon l'IEC 62271-200:2011.

3.102.1**unité fonctionnelle haute tension**

ensemble d'appareils de connexion et d'autres composants réalisant la fonction connexion et de commande pour les opérations du côté haute tension de l'ECEPD

Note 1 à l'article: Elle peut inclure la connexion et la commande du circuit principal haute tension du réseau et la protection de la fonction de transformation haute tension/basse tension.

3.102.2**unité fonctionnelle transformateur haute tension/basse tension**

ensemble d'éléments réalisant la fonction transformation haute tension/basse tension de l'ECEPD

3.102.3**unité fonctionnelle basse tension**

ensemble d'appareils de connexion et d'autres composants réalisant la fonction connexion et de commande pour le fonctionnement et la protection des départs basse tension de l'ECEPD

3.103**local de service électrique fermé**

pièce ou emplacement dédié à l'exploitation des installations et des équipements électriques dont l'accès est réservé aux personnes qualifiées ou formées ou à un personnel non qualifié sous la supervision de personnes qualifiées ou formées

3.104**ECEPD de classe arc interne****IAC**

ECEPD qui répond aux critères exigés démontrés par des essais de type, pour la protection des personnes en cas d'arc interne du côté haute tension

Note 1 à l'article: L'abréviation «IAC» est dérivée du terme anglais développé correspondant «Internal Arc Classified».

3.105**interconnexion haute tension**

connexion électrique entre les bornes de l'unité fonctionnelle haute tension et les bornes haute tension de l'unité fonctionnelle transformateur haute tension/basse tension

3.106**interconnexion basse tension**

connexion électrique entre les bornes basse tension de l'unité fonctionnelle transformateur haute tension/basse tension et les bornes d'arrivée de l'unité fonctionnelle basse tension

4 Caractéristiques assignées

L'Article 4 de l'IEC 62271-1:2007 s'applique avec les modifications suivantes.

Les caractéristiques assignées d'un ECEPD comprennent:

- a) les tensions assignées;
- b) les niveaux d'isolement assignés;
- c) la fréquence assignée (f_r);
- d) le courant assigné en service continu pour les circuits principaux (I_r , I_{nA});
- e) les courants de courte durée assignés (I_k , I_{ke} , I_{cw});
- f) les courants de valeur de crête assignés (I_p , I_{pe} , I_{pk});
- g) les durées assignées de court-circuit (t_k , t_{ke} , t_{cw});

- h) la tension d'alimentation assignée des dispositifs de fermeture et d'ouverture, et des circuits auxiliaires et de commande;
- i) la fréquence d'alimentation assignée des dispositifs de fermeture et d'ouverture, et des circuits auxiliaires et de commande;
- j) la puissance et pertes totales assignées de l'ECEPD;
- k) les caractéristiques assignées de la classification arc interne (IAC), si elles sont assignées par le fabricant.

Les caractéristiques de l'ECEPD doivent être assignées pour garantir que l'utilisation de l'équipement dans le cadre de ses caractéristiques assignées n'expose aucune unité fonctionnelle individuelle à des conditions hors de ses capacités assignées.

NOTE Les unités fonctionnelles faisant partie de l'ECEPD peuvent avoir d'autres valeurs assignées individuelles conformément à leurs normes pertinentes.

4.1 Tension assignée

Le Paragraphe 4.1 de l'IEC 62271-1:2007 ne s'applique pas.

Les tensions assignées de l'ECEPD sont définies par les tensions assignées de son unité fonctionnelle haute tension (U_r), son unité fonctionnelle transformateur haute tension/basse tension et son unité fonctionnelle basse tension (U_n).

Voir l'IEC 62271-1:2007 pour l'unité fonctionnelle haute tension.

Voir l'IEC 60947-1:2007 et le Paragraphe 5.2 de l'IEC 61439-1:2011 pour l'unité fonctionnelle basse tension.

Le Paragraphe 5.4.1 de l'IEC 60076-1:2011 s'applique à l'unité fonctionnelle transformateur haute tension/basse tension.

NOTE Ces valeurs sont déterminées par les caractéristiques de l'unité fonctionnelle transformateur haute tension/basse tension. L'appareillage haute tension et l'appareillage basse tension peuvent avoir des tensions assignées supérieures aux tensions assignées de l'unité fonctionnelle transformateur haute tension/basse tension.

4.2 Niveau d'isolement assigné

Le Paragraphe 4.2 de l'IEC 62271-1:2007 ne s'applique pas.

Les niveaux d'isolement assignés de l'ECEPD sont définis par les niveaux d'isolement assignés de son unité fonctionnelle haute tension et de son unité fonctionnelle basse tension.

Pour l'unité fonctionnelle haute tension, voir le Paragraphe 4.2 de l'IEC 62271-1: 2007 et pour l'unité fonctionnelle basse tension, voir le Paragraphe 5.2 de l'IEC 61439-1:2011 et l'IEC 60947-1:2007.

La tenue minimale assignée de tension de choc de foudre de l'unité fonctionnelle d'appareillage basse tension doit avoir au moins la valeur donnée pour la catégorie IV de surtension dans le Tableau F.1 de l'IEC 60664-1:2007. Selon le réseau des différents pays, il peut être nécessaire de choisir un niveau d'isolement supérieur.

4.3 Fréquence assignée (f_r)

Le Paragraphe 4.3 de l'IEC 62271-1:2007 ne s'applique pas.

Les valeurs standard de la fréquence assignée pour l'ECEPD sont 50 Hz et 60 Hz.

4.4 Courant assigné en service continu et échauffement

4.4.1 Courant assigné en service continu (I_r , I_{nA})

Le Paragraphe 4.4.1 de l'IEC 62271-1:2007 ne s'applique pas.

Les courants assignés de l'ECEPD sont définis par le courant assigné de son unité fonctionnelle haute tension (I_r) et le courant assigné de son unité fonctionnelle basse tension (I_{nA}).

Le Paragraphe 4.4.1 de l'IEC 62271-1:2007 s'applique à l'unité fonctionnelle haute tension.

Le Paragraphe 5.3.1 de l'IEC 61439-1:2011 s'applique à l'unité fonctionnelle basse tension.

NOTE L'unité fonctionnelle haute tension et l'unité fonctionnelle basse tension ont des valeurs de courant assigné en service continu qui sont supérieures ou égales aux valeurs de courant de fonctionnement.

4.4.2 Echauffement

Le Paragraphe 4.4.2 de l'IEC 62271-1:2007 ne s'applique pas.

L'échauffement de l'ECEPD est défini par l'échauffement de ses unités fonctionnelles:

- les limites de l'unité fonctionnelle haute tension définies dans le Paragraphe 4.4.2 de l'IEC 62271-1:2007;
- les limites de l'unité fonctionnelle transformateur haute tension/basse tension sont celles définies dans l'Article 6 de l'IEC 60076-2:2011 pour les transformateurs immergés dans un liquide et dans l'Article 11 de l'IEC 60076-11:2004 pour les transformateurs de type sec, aux tensions assignées et aux courants assignés en service continu pour lesquels l'ECEPD a été conçu;
- les limites de l'unité fonctionnelle basse tension définies dans le Paragraphe 9.2 de l'IEC 61439-1:2011.

4.5 Courant de courte durée admissible assigné (I_k , I_{ke} , I_{cw})

Le Paragraphe 4.5 de l'IEC 62271-1:2007 ne s'applique pas.

4.5.101 Courants de courte durée assignés phase-phase et phase-terre de l'unité fonctionnelle haute tension et courant de courte durée assigné de l'interconnexion haute tension (I_k , I_{ke})

Pour les courants de courte durée assignés I_k et/ou I_{ke} de l'unité fonctionnelle haute tension, l'interconnexion haute tension et le circuit de mise à la terre, le Paragraphe 4.5 de l'IEC 62271-1:2007 s'applique avec les ajouts suivants:

Le courant de courte durée assigné (I_k) doit être attribué à l'unité fonctionnelle haute tension ainsi qu'à l'interconnexion haute tension.

NOTE 1 En principe, le courant de courte durée assigné d'un circuit principal ne peut pas dépasser les valeurs assignées correspondantes des plus faibles de ses composants connectés en série. Toutefois, pour chaque circuit ou compartiment haute tension, il est possible de bénéficier d'appareils limitant le courant de court-circuit, tels que des fusibles limiteurs de courant, des bobines d'inductance, etc.

Un courant de courte durée assigné phase-terre (I_{ke}) doit être attribué au circuit de mise à la terre. Cette valeur peut différer de celle du circuit principal.

NOTE 2 Les caractéristiques assignées de courant de court-circuit s'appliquent au circuit de mise à la terre en fonction du type de mise à la terre neutre du système auquel il est destiné. Voir le Paragraphe 8.104.6 de l'IEC 62271-202:2014.

4.5.102 Courants de courte durée assignés de l'unité fonctionnelle basse tension et de l'interconnexion basse tension (I_{cw})

Voir le Paragraphe 5.3.4 de l'IEC 61439-1:2011.

4.5.103 Courants de courte durée de l'unité fonctionnelle transformateur haute tension/basse tension

Voir l'Article 3 de l'IEC 60076-5:2006.

4.6 Valeur de crête du courant admissible assigné (I_p , I_{pe} , I_{pk})

Le Paragraphe 4.6 de l'IEC 62271-1:2007 ne s'applique pas.

4.6.101 Courants de valeur de crête assignés phase-phase et phase-terre de l'unité fonctionnelle haute tension et courant de valeur de crête assigné de l'interconnexion haute tension (I_p , I_{pe})

Pour les courants de valeur de crête assignés I_p et/ou I_{pe} de l'unité fonctionnelle haute tension, l'interconnexion haute tension et le circuit de mise à la terre, le Paragraphe 4.6 de l'IEC 62271-1:2007 s'applique avec les ajouts suivants:

Le courant de valeur de crête assigné (I_p) doit être attribué à l'unité fonctionnelle haute tension ainsi qu'à l'interconnexion haute tension.

NOTE En principe, le courant de valeur de crête assigné d'un circuit principal ne peut pas dépasser les valeurs assignées correspondantes des plus faibles de ses composants connectés en série. Toutefois, pour chaque circuit ou compartiment haute tension, il est possible de bénéficier d'appareils limitant le courant de court-circuit, tels que des fusibles limiteurs de courant, des bobines d'inductance, etc.

Un courant de valeur de crête assigné phase-terre (I_{pe}) doit être attribué au circuit de mise à la terre. Cette valeur peut différer de celle du circuit principal.

4.6.102 Courants de valeur de crête assignés de basse tension et de l'interconnexion basse tension (I_{pk})

Voir le Paragraphe 5.3.3 de l'IEC 61439-1:2011.

4.6.103 Courants de valeur de crête de l'unité fonctionnelle transformateur haute tension/basse tension

Voir l'Article 3 de l'IEC 60076-5:2006.

4.7 Durées assignées de court-circuit (t_k , t_{ke} , t_{cw})

Le Paragraphe 4.7 de l'IEC 62271-1:2007 ne s'applique pas.

4.7.101 Durée assignée de court-circuit phase-phase (t_k) et durée assignée de court-circuit phase-terre (t_{ke}) de l'unité fonctionnelle haute tension et durée assignée de court-circuit de l'interconnexion haute tension

Pour les durées assignées de courts-circuits t_k et t_{ke} pour l'unité fonctionnelle haute tension, l'interconnexion haute tension et le circuit de mise à la terre, le Paragraphe 4.7 de l'IEC 62271-1:2007 s'applique avec les ajouts suivants:

Une durée assignée de court-circuit (t_k) doit être attribuée à l'appareillage haute tension et l'interconnexion haute tension.

NOTE En principe, la durée assignée de court-circuit pour un circuit principal ne peut pas dépasser la valeur assignée correspondante du plus faible de ses composants connectés en série. Toutefois, pour chaque circuit ou

compartiment haute tension, il est possible de bénéficier d'appareils limitant la durée du courant de court-circuit, tels que des fusibles limiteurs de courant.

Une durée assignée de court-circuit phase-terre doit également être attribuée au circuit de mise à la terre (t_{ke}). Cette valeur peut différer de celle du circuit principal.

4.7.102 Durée assignée de court-circuit (t_{cw}) pour l'unité fonctionnelle basse tension et l'interconnexion basse tension

Voir le Paragraphe 5.3.4 de l'IEC 61439-1:2011 pour l'unité fonctionnelle basse tension et attribuer une durée assignée de court-circuit (t_{cw}) à l'interconnexion basse tension.

4.7.103 Durée de court-circuit pour l'unité fonctionnelle transformateur haute tension/basse tension

Voir le Paragraphe 4.1.3 de l'IEC 60076-5:2006.

4.8 Tension assignée d'alimentation des dispositifs d'ouverture et de fermeture, et des circuits auxiliaires et de commande

Le Paragraphe 4.8 de l'IEC 62271-1:2007 ne s'applique pas.

Pour l'unité fonctionnelle haute tension, voir le Paragraphe 4.8 de l'IEC 62271-1:2007; pour l'unité fonctionnelle basse tension, voir le Paragraphe 5.2.2 de l'IEC 61439-1:2011.

4.9 Fréquence assignée d'alimentation des dispositifs de fermeture et d'ouverture, et des circuits auxiliaires

Le Paragraphe 4.9 de l'IEC 62271-1:2007 ne s'applique pas.

Pour l'unité fonctionnelle haute tension, voir le Paragraphe 4.9 de l'IEC 62271-1:2007; pour l'unité fonctionnelle basse tension, voir le Paragraphe 5.5 de l'IEC 61439-1:2011.

4.101 Puissance assignée et pertes totales de l'ECEPD

La puissance assignée de l'ECEPD est donnée par la puissance assignée de l'unité fonctionnelle transformateur haute tension/basse tension à la tension assignée.

Les pertes totales de l'ECEPD sont la somme des pertes de l'unité fonctionnelle haute tension et de l'interconnexion haute tension à son courant assigné, les pertes totales (en identifiant les pertes en charge et les pertes à vide) de l'unité fonctionnelle transformateur haute tension/basse tension à sa tension assignée et les pertes de l'unité fonctionnelle basse tension et de l'interconnexion basse tension au courant déterminé par la puissance assignée de l'unité fonctionnelle transformateur haute tension/basse tension.

4.102 Caractéristiques assignées de la classification arc interne (IAC)

4.102.1 Généralités

Si une classification IAC est attribuée par le fabricant, plusieurs caractéristiques assignées doivent être spécifiées. Ces caractéristiques assignées sont subdivisées en type d'accessibilité, courants de défaut d'arc et durées de défaut d'arc.

4.102.2 Types d'accessibilité (A, B, AB)

Trois types de protection en cas d'arc interne sont pris en compte:

Accessibilité de type A: pour un ECEPD assurant la protection des opérateurs pendant les opérations normales devant le(s) côté(s) opérationnel(s) de l'ECEPD.

Accessibilité de type B: pour un ECEPD assurant la protection du public aux alentours de l'équipement de tous ses côtés et à tout moment.

Accessibilité de type AB: pour un ECEPD assurant la protection à la fois des opérateurs et du public.

Pour pouvoir obtenir cette classification, ces ECEPD doivent satisfaire aux exigences du type A et du type B avec la même valeur de courant d'essai en kA et la même durée en secondes.

4.102.3 Côtés classifiés

A des fins d'identification des différents côtés classifiés de l'ECEPD, les codes suivants doivent être utilisés:

- F pour la face avant (définie par le côté des manœuvres haute tension);
- L pour les faces latérales;
- R pour la face arrière.

La face avant doit être clairement indiquée par le fabricant.

4.102.4 Courants assignés de défaut d'arc (I_A , I_{Ae})

Il convient que la valeur standard des courants assignés de défaut d'arc soit sélectionnée parmi les caractéristiques assignées de courant standard de l'IEC 60059:1999.

Deux caractéristiques assignées de courants de défaut d'arc sont reconnues:

- a) courant de défaut d'arc triphasé (I_A),
- b) courant de défaut d'arc monophasé-terre (I_{Ae}), le cas échéant.

Lorsque seule une caractéristique assignée triphasée est spécifiée, la caractéristique assignée monophasée représente par défaut 87 % de la caractéristique triphasée et il n'est pas nécessaire qu'elle soit spécifiée.

NOTE 1 Le fabricant spécifie les compartiments de l'unité fonctionnelle haute tension auxquels s'applique la caractéristique assignée du courant de défaut d'arc monophasé-terre. Il convient qu'une telle valeur soit assignée à l'unité fonctionnelle lorsque sa construction empêchera l'arc de devenir polyphasé, comme démontré pendant l'essai d'arc interne.

NOTE 2 Cette valeur de 87 % se justifie par l'essai de défaut d'arc avec initiation en biphasé; voir le Paragraphe 8.104.6 de l'IEC 62271-202:2014.

Dans le cas où tous les compartiments haute tension sont uniquement conçus pour les défauts d'arc monophasé-terre, seul le courant de défaut d'arc monophasé-terre (I_{Ae}) doit être assigné.

NOTE 3 Des informations sur la relation entre le type de mise à la terre neutre et le courant de défaut d'arc monophasé-terre sont fournies dans le Paragraphe 8.104.6 et le Tableau 103 de l'IEC 62271-202:2014.

4.102.5 Durée de défaut d'arc assignée (t_A , t_{Ae})

Les valeurs standard recommandées pour la durée de défaut d'arc triphasé (t_A) sont 0,1 s, 0,5 s et 1 s.

Le cas échéant, la durée d'essai (t_{Ae}) du défaut d'arc monophasé-terre doit être indiquée par le fabricant.

NOTE Il n'est en général pas possible de calculer la durée d'arc admissible pour un courant qui diffère de celui utilisé dans l'essai.

5 Conception et construction

Les ECEPD doivent être conçus pour que les opérations normales d'exploitation, l'inspection et la maintenance puissent avoir lieu en toute sécurité. Comme les ECEPD sont destinés à être utilisés dans des locaux de service électriques fermés, le public n'est en principe pas autorisé à approcher l'équipement. Toutefois, lorsqu'un ECEPD est installé dans une usine, les employés qui ne sont pas chargés du fonctionnement de l'équipement peuvent parfois se trouver à proximité de l'ECEPD. N'ayant pas connaissance des caractéristiques électriques de l'équipement, ils sont considérés comme du public au sens de ce document.

NOTE Si certaines parties des enveloppes d'un ECEPD sont destinées à faire partie de l'enveloppe d'un poste, les exigences pertinentes de l'IEC 62271-202 ou de l'IEC 61936-1, le cas échéant, sont satisfaites.

La conception de l'ECEPD doit prendre en compte les interactions possibles (par ex., électriques, mécaniques et thermiques) dans la performance des différentes unités fonctionnelles et des composants utilisés pour leurs interconnexions.

L'ensemble complet d'un ECEPD et les unités fonctionnelles individuelles le composant doivent se conformer aux exigences du présent document. Pour les unités fonctionnelles individuelles, il est fait référence aux normes respectives suivantes:

- Unité fonctionnelle haute tension IEC 62271-200:2011 ou IEC 62271-201:2014;
- Unité fonctionnelle transformateur haute tension/basse tension IEC 60076 (toutes les parties);
- Unité fonctionnelle basse tension IEC 61439 (toutes les parties).

Les unités fonctionnelles individuelles d'un ECEPD-G doivent se conformer aux exigences de leurs normes respectives indiquées ci-dessus.

Pour les ECEPD-A et ECEPD-I, les unités fonctionnelles individuelles peuvent s'écarter de ces normes pour certains aspects. Par conséquent, des modes opératoires d'essai spécifiques pour les unités fonctionnelles individuelles, lorsque l'application directe des normes mentionnées ci-dessus n'est pas possible, sont décrits dans le présent document.

5.1 Exigences pour les liquides utilisés dans l'appareillage

Le Paragraphe 5.1 de l'IEC 62271-1:2007 s'applique.

5.2 Exigences pour les gaz utilisés dans l'appareillage

Le Paragraphe 5.2 de l'IEC 62271-1:2007 s'applique.

NOTE Pour la manipulation du SF₆, voir l'IEC 62271-4:2013.

5.3 Raccordement à la terre de l'appareillage

Le Paragraphe 5.3 de l'IEC 62271-1:2007 s'applique avec les ajouts suivants:

Un système de conducteur de mise à la terre principal doit être fourni pour raccorder à la terre toutes les parties métalliques de l'ECEPD n'appartenant pas aux circuits principaux et/ou secondaires/auxiliaires de l'équipement. Celui-ci se compose d'un conducteur de mise à la terre principal auquel chaque composant est raccordé via un circuit unique.

Si l'ECEPD est doté d'un cadre métallique, celui-ci peut servir de, ou faire partie du, conducteur de mise à la terre principal. Le système de fixation utilisé pour joindre les pièces du cadre, s'il existe, doit prouver sa capacité à transporter le courant assigné. Le système de conducteur de mise à la terre principal doit être conçu pour supporter le courant de courte durée et sa valeur crête assignés selon la condition de mise à la terre du neutre de l'installation.

La section du conducteur de mise à la terre ne doit pas être inférieure à 30 mm². Celui-ci doit se terminer par une borne appropriée prévue pour être raccordée au système de mise à la terre de l'installation. Si le conducteur de mise à la terre n'est pas en cuivre, des exigences thermiques et mécaniques équivalentes doivent être satisfaites.

La continuité du système de mise à la terre doit être assurée et des mesures correspondantes empêchant la corrosion, le desserrage des boulons, etc. doivent être prises, en tenant compte des contraintes thermiques et mécaniques causées par le courant qu'il peut avoir à transporter.

NOTE Les utilisateurs peuvent définir des modes opératoires pour vérifier l'intégrité de toutes les parties du système de mise à la terre (internes et externes) périodiquement ou après la circulation d'un courant de court-circuit dans le système de mise à la terre.

Les composants à raccorder au système principal de conducteur de mise à la terre principal doivent inclure:

- l'enveloppe, si elle est métallique, des unités fonctionnelles haute tension à partir de la borne prévue à cet effet;
- la cuve de l'unité fonctionnelle transformateur haute tension/basse tension immergée dans un liquide ou les parties métalliques non sous tension de l'unité fonctionnelle transformateur haute tension/basse tension de type sec;
- le cadre et/ou l'enveloppe, s'ils sont métalliques, de l'unité fonctionnelle basse tension;
- le raccordement à la terre des commandes automatiques et des appareils de commande à distance;
- les écrans métalliques et les conducteurs de mise à la terre des câbles haute tension;
- le cadre métallique de l'ECEPD, s'il existe;
- les sectionneurs de mise à la terre, s'ils existent.

5.4 Equipements auxiliaires et de commande

Le Paragraphe 5.4 de l'IEC 62271-1:2007 ne s'applique pas.

Pour l'installation basse tension intégrée dans l'ECEPD (par exemple, éclairage, alimentation auxiliaire, etc.), voir l'IEC 60364-4-41:2005 ou l'IEC 61439-1:2011, selon le cas.

5.5 Manœuvre dépendante à source d'énergie extérieure

Le Paragraphe 5.5 de l'IEC 62271-1:2007 ne s'applique pas.

5.6 Manœuvre à accumulation d'énergie

Le Paragraphe 5.6 de l'IEC 62271-1:2007 ne s'applique pas.

5.7 Manœuvre indépendante manuelle ou manœuvre indépendante à source d'énergie extérieure (manœuvre indépendante sans accrochage mécanique)

Le Paragraphe 5.7 de l'IEC 62271-1:2007 ne s'applique pas.

5.8 Fonctionnement des déclencheurs

Le Paragraphe 5.8 de l'IEC 62271-1:2007 ne s'applique pas.

5.9 Dispositifs de verrouillage et de surveillance basse et haute pression

Le Paragraphe 5.9 de l'IEC 62271-1:2007 ne s'applique pas.

5.10 Plaques signalétiques

Le Paragraphe 5.10 de l'IEC 62271-1:2007 ne s'applique pas à l'ECEPD et il est remplacé comme suit:

Chaque ECEPD doit être fourni avec une plaque d'identification durable, clairement lisible, visible dans des conditions de service normales, qui doit contenir au moins les informations suivantes:

- nom ou marque commerciale du fabricant;
- désignation du type;
- numéro de série;
- numéro du présent document;
- année de fabrication;
- caractéristiques assignées de l'ECEPD énumérées dans l'Article 4;
- désignation de la classification arc interne, le cas échéant.

Les caractéristiques assignées des unités fonctionnelles doivent être énumérées sur des plaques d'identification séparées, clairement visibles, ou sur la plaque d'identification de l'ECEPD. Lorsque les unités fonctionnelles sont indépendantes, elles doivent être livrées avec des plaques d'identification séparées. Chaque plaque d'identification doit porter un numéro de série unique.

5.11 Dispositifs de verrouillage

Le Paragraphe 5.11 de l'IEC 62271-1:2007 ne s'applique pas et il est remplacé comme suit:

Le verrouillage peut être nécessaire pour assurer la séquence correcte de fonctionnement de l'équipement, afin de réduire au minimum les risques pour le personnel et les dommages pour l'équipement. Le verrouillage peut être réalisé par des méthodes électriques ou mécaniques. Si des verrouillages non mécaniques sont fournis, la conception doit être telle qu'aucune situation incorrecte ne puisse survenir en cas d'absence d'alimentation auxiliaire.

5.12 Indicateur de position

Le Paragraphe 5.12 de l'IEC 62271-1:2007 ne s'applique pas.

Le Paragraphe 5.12 de l'IEC 62271-1:2007 pour l'unité fonctionnelle haute tension et le Paragraphe 7.1.6 de l'IEC 60947-1:2007 pour l'unité fonctionnelle basse tension s'appliquent.

5.13 Degrés de protection procurés par les enveloppes

Le Paragraphe 5.13 de l'IEC 62271-1:2007 s'applique à l'unité fonctionnelle haute tension.

Le Paragraphe 8.2 de l'IEC 61439-1:2011 s'applique à l'unité fonctionnelle basse tension.

Les degrés de protection conformément à l'IEC 60529:1989 doivent être comme spécifiés ci-dessous.

Les enveloppes des unités fonctionnelles haute tension et basse tension doivent assurer un degré minimal de protection IP2X pour une utilisation en intérieur.

Si des conducteurs et/ou des traversées non isolés sont utilisés pour les interconnexions basse tension ou si des conducteurs et/ou des traversées non blindés sont utilisés pour les interconnexions haute tension, des moyens adaptés pour empêcher le contact direct avec les parties sous tension doivent être fournis soit par le fabricant en tant que partie intégrante de

L'ECEPD lui-même soit par l'utilisateur en incorporant la protection adéquate sur le site d'installation. Dans le premier cas, il convient que le degré minimal de protection soit IP1X. Dans le deuxième cas, le fabricant doit inclure dans le manuel d'instructions des informations claires sur la nécessité de fournir une protection supplémentaire.

Lorsqu'une unité fonctionnelle transformateur haute tension/basse tension de type sec est utilisée, un moyen de protection autour de l'unité fonctionnelle transformateur haute tension/basse tension doit être fourni avec un degré minimal de protection IP2X.

Pour une utilisation en extérieur de l'ECEPD, le degré minimal de protection doit être IP23.

5.14 Lignes de fuite pour les isolateurs d'extérieur

Le Paragraphe 5.14 de l'IEC 62271-1:2007 s'applique aux isolateurs haute tension de l'unité fonctionnelle haute tension et du côté haute tension de l'unité fonctionnelle transformateur haute tension/basse tension.

5.15 Etanchéité au gaz et au vide

Le Paragraphe 5.15 de l'IEC 62271-1:2007 s'applique uniquement à l'unité fonctionnelle haute tension de l'ECEPD.

Le Paragraphe 5.11 de l'IEC 60076-15:2015 s'applique à l'unité fonctionnelle transformateur haute tension/basse tension si celui-ci est de type à isolation gazeuse.

5.16 Etanchéité au liquide

Le Paragraphe 5.16 de l'IEC 62271-1:2007 s'applique à l'unité fonctionnelle haute tension.

Pour une unité fonctionnelle transformateur haute tension/basse tension, les articles pertinents de l'IEC 60076 (toutes les parties) s'appliquent.

5.17 Risque de feu (inflammabilité)

Le Paragraphe 5.17 de l'IEC 62271-1:2007 s'applique à l'ECEPD.

5.18 Compatibilité électromagnétique (CEM)

Le Paragraphe 5.18 de l'IEC 62271-1:2007 ne s'applique pas.

Le Paragraphe 5.18 de l'IEC 62271-1:2007 pour l'unité fonctionnelle haute tension et l'Annexe J de l'IEC 61439-1:2011 pour l'unité fonctionnelle basse tension s'appliquent respectivement aux unités fonctionnelles haute tension et basse tension de l'ECEPD.

5.19 Emission de rayons X

Le Paragraphe 5.19 de l'IEC 62271-1:2007 s'applique à l'unité fonctionnelle haute tension.

5.20 Corrosion

Le Paragraphe 5.20 de l'IEC 62271-1:2007 s'applique.

5.101 Protection contre les contraintes mécaniques

Les enveloppes doivent avoir une résistance mécanique suffisante et pouvoir supporter les charges et les impacts suivants:

- a) des impacts mécaniques externes d'une énergie de 2 J, correspondant à un degré de protection IK07 pour une utilisation en intérieur et de 20 J correspondant à IK10 pour une utilisation en extérieur.
- b) pour un ECEPD destiné à une installation en extérieur, des charges de neige selon les conditions climatiques locales;
- c) pour un ECEPD destiné à une installation en extérieur, les effets mécaniques de la pression du vent conformément au Paragraphe 2.1.2 de l'IEC 62271-1:2007. Cela peut être vérifié par calcul

Toutes les autres contraintes mécaniques susceptibles de se produire en service, selon l'utilisation prévue, peuvent être vérifiées par calcul.

NOTE 1 Les contraintes sismiques conformément à l'IEC TS 62271-210:2013 peuvent aussi être prises en considération dans ce paragraphe.

Bien que chaque composant ait été soumis à essai pour la stabilité physique intrinsèque, lorsque différents composants sont fixés ensemble dans un ECEPD, il peut en résulter une instabilité. La conception doit assurer la stabilité pendant la livraison, l'installation et le fonctionnement.

NOTE 2 Les pattes de levage conçues pour soulever l'ensemble complet peuvent être peintes en jaune pour faciliter l'identification.

5.102 Protection de l'environnement du fait de défauts internes

Dans le cas où des défauts internes peuvent entraîner l'échappement de liquides dangereux de l'équipement (par exemple: un liquide s'échappant d'une unité fonctionnelle transformateur haute tension/basse tension ou d'une unité fonctionnelle haute tension), des dispositions doivent être prises pour retenir les liquides dangereux afin d'empêcher la pollution des sols.

La capacité du réservoir de rétention doit être au moins égale à celle du plus grand conteneur de liquide dangereux (par exemple, unité fonctionnelle transformateur haute tension/basse tension, unité fonctionnelle haute tension, etc.), à moins que les réglementations nationales applicables n'expriment des exigences différentes. Le réservoir de rétention peut faire partie de l'ECEPD ou être fourni sur le site d'installation où l'ECEPD doit être installé.

Des mesures supplémentaires peuvent être prises par accord entre le fabricant et l'utilisateur.

5.103 Défaut d'arc interne

Un ECEPD qui satisfait aux exigences du présent document est en principe conçu pour empêcher l'apparition de défauts d'arc interne du côté haute tension.

Pour atteindre cet objectif, le fabricant de l'ECEPD doit garantir la fabrication correcte, en la vérifiant à l'aide d'essais individuels de série conformément à l'Article 7. L'utilisateur doit à son tour faire les choix appropriés, en se conformant aux caractéristiques du réseau, aux modes opératoires de fonctionnement et aux conditions de service (voir l'Article 8).

Il est peu probable qu'un arc interne se produise pendant toute la durée de service, tant que l'ECEPD est installé, utilisé et entretenu conformément aux instructions fournies par le fabricant et que les câbles sont correctement installés; la possibilité d'un arc interne ne peut toutefois pas être complètement négligée.

Des défaillances peuvent survenir dans n'importe quelle partie de l'ECEPD. Toutefois, comme aucun mode opératoire d'essai d'arc interne pour les unités fonctionnelles basse tension et les unités fonctionnelles transformateur haute tension/basse tension n'est décrit dans leurs normes pertinentes respectives, seuls les défauts dans l'enveloppe des unités fonctionnelles haute tension et dans l'interconnexion haute tension sont pris en compte dans le présent document (voir 6.101).

NOTE Si l'utilisateur et le fabricant s'accordent sur un essai d'arc interne de la partie basse tension de l'ECEPD, l'IEC TR 61641:2014 donne des lignes directrices pour un essai d'arc interne dans les ensembles d'appareillage basse tension sous enveloppe.

Une défaillance due à un défaut, à des conditions de service exceptionnelles ou à un dysfonctionnement du côté haute tension peut être à l'origine d'un arc interne dans l'unité fonctionnelle haute tension et/ou dans l'interconnexion haute tension, ce qui constitue un danger si des personnes sont présentes.

5.104 Enveloppes

Les enveloppes des unités fonctionnelles doivent se conformer aux exigences pertinentes de leurs normes respectives. Si une enveloppe est partagée par plusieurs unités fonctionnelles, elle doit satisfaire aux exigences des normes de ces unités fonctionnelles (exemple: la cuve de l'unité fonctionnelle transformateur haute tension/basse tension d'un ECEPD-I doit satisfaire aux exigences de l'IEC 60076 (toutes les parties), le cas échéant, et de l'IEC 62271-200:2011).

5.105 Emission de bruit

L'unité fonctionnelle transformateur haute tension/basse tension est la principale source de bruit. Il n'existe cependant aucune exigence à ce propos dans les normes pertinentes des unités fonctionnelles haute tension et basse tension et la contribution directe des unités fonctionnelles haute tension et basse tension au niveau de bruit de l'ECEPD est, en principe, considérée comme négligeable. Toutefois, la détermination du niveau de bruit de l'ECEPD doit être réalisée conformément à l'IEC 60076-10:2016, sur l'ECEPD complet pour prendre en compte les interactions éventuelles (voir l'Annexe BB).

5.106 Champs électromagnétiques

L'ECEPD en service génère des champs électromagnétiques pouvant nécessiter une évaluation pour:

- aider à la planification, à l'installation, aux instructions d'utilisation et à la maintenance;
- prendre des mesures pour satisfaire aux exigences ou aux réglementations sur les champs électromagnétiques.

Si une évaluation des champs électromagnétiques générés par un ECEPD est requise, il convient de suivre la méthodologie décrite dans l'IEC TR 62271-208:2009.

6 Essais de type

6.1 Généralités

Le Paragraphe 6.1 de l'IEC 62271-1:2007 s'applique avec les ajouts suivants.

En principe, les essais de type doivent être réalisés sur une configuration représentative de l'ECEPD. Les unités fonctionnelles et les interconnexions contenues dans un ECEPD doivent être soumises à essai conformément à leur norme pertinente.

Les essais de type doivent être réalisés sur l'ECEPD complet, sauf spécification contraire dans la norme.

Du fait de la conception de l'équipement, il peut être pratique de soumettre à essai plusieurs fonctions en même temps. Dans ce cas, il n'est pas nécessaire de répéter les essais dont les conditions d'application sont identiques dans leurs normes respectives.

L'objectif des essais de type sur un ECEPD est de démontrer les caractéristiques de l'ECEPD en tant qu'unité complète. Les essais requis sur l'ECEPD complet, en plus de ceux requis pour les unités fonctionnelles individuelles, sont énumérés ci-dessous

Essais de type obligatoires: **Paragraphe**

- | | |
|---|-------|
| a) Essais de vérification du niveau d'isolement de l'ECEPD | 6.2 |
| b) Mesure de la résistance du circuit principal de l'unité fonctionnelle haute tension | 6.4 |
| c) Essai de vérification de l'échauffement de n'importe quelle partie de l'équipement | 6.5 |
| d) Essais de vérification de l'aptitude des circuits principaux et de mise à la terre à supporter des courants de valeur de crête assignés et des courants de courte durée assignés | 6.6 |
| e) Essais pour vérifier le degré de protection et de résistance aux impacts mécaniques | 6.7 |
| f) Essais complémentaires sur les circuits auxiliaires et de commande | 6.10 |
| g) Vérification du pouvoir de fermeture et du pouvoir de coupure | 6.102 |
| h) Essais de fonctionnement mécanique | 6.103 |

Essais de type obligatoires, le cas échéant:

- | | |
|---|-------|
| i) Essais d'étanchéité | 6.8 |
| j) Essais de compatibilité électromagnétique (CEM) | 6.9 |
| k) Pour un ECEPD destiné à être classifié IAC, essais pour évaluer les effets d'un arc dû à un défaut interne | 6.101 |
| l) Essais de résistance à la pression pour les compartiments à remplissage de gaz | 6.105 |
| m) Mesures des courants de fuite des enveloppes non métalliques | 6.106 |
| n) Etanchéité et résistance mécanique des compartiments remplis de liquide | 6.108 |

Essais de type spéciaux (relevant d'un accord entre le fabricant et l'utilisateur):

- | | |
|---|-----------|
| o) Essais pour vérifier le niveau de bruit de l'ECEPD | Annexe BB |
| p) Essais de décharges partielles | 6.2.7 |
| q) Essais de protection contre les intempéries | 6.107 |
| r) Mesure ou calcul des champs électromagnétiques | 6.109 |

Les essais de type peuvent altérer la capacité des parties soumises à essai pour un usage ultérieur en service. Par conséquent, les objets soumis à essai utilisés pour des essais de type ne doivent pas être utilisés en service sans un accord entre le fabricant et l'utilisateur.

6.1.1 Groupement des essais

Le Paragraphe 6.1.1 de l'IEC 62271-1:2007 s'applique avec l'ajout suivant:

Les essais de type obligatoires (hors points i) et j)) doivent être effectués sur un maximum de quatre objets soumis à essai.

6.1.2 Informations pour l'identification des objets soumis à essai

Le Paragraphe 6.1.2 de l'IEC 62271-1:2007 s'applique.

6.1.3 Informations à inclure dans les rapports d'essais de type

Le Paragraphe 6.1.3 de l'IEC 62271-1:2007 s'applique avec l'ajout suivant à la liste:

- l'identification, incluant les numéros de série selon le cas, de toutes les unités fonctionnelles de l'ECEPD, avec l'identification de l'ECEPD lui-même;
- les détails des interconnexions mécaniques et électriques des unités fonctionnelles faisant partie de l'ECEPD;
- des dessins et photographies montrant cet agencement physique de l'équipement pendant les essais.

6.2 Essais diélectriques

6.2.1 Généralités

Lors des essais diélectriques, trois situations peuvent être envisagées. Pour limiter le nombre d'essais requis, les critères suivants s'appliquent:

- a) dans le cas où chacun des principaux composants de l'ECEPD (unité fonctionnelle haute tension, unité fonctionnelle transformation haute tension/basse tension et unité fonctionnelle basse tension), et les interconnexions ont été préalablement soumises à essai dans les mêmes conditions que dans l'ECEPD, il n'est pas nécessaire d'effectuer des essais diélectriques;
- b) dans le cas où les principaux composants (unité fonctionnelle haute tension, unité fonctionnelle de transformateur haute tension/basse tension et unité fonctionnelle basse tension) sont soumis à des essais de type mais que les interconnexions n'ont pas été soumises à essai précédemment, les essais indiqués en 6.2.2 et 6.2.3 doivent être réalisés;
- c) dans tous les autres cas, les essais diélectriques indiqués en 6.2.2, 6.2.3, 6.2.4, 6.2.5 et 6.2.6 doivent être réalisés.

6.2.2 Essais diélectriques de l'interconnexion haute tension

6.2.2.1 Conditions générales

Les essais peuvent être effectués avec le transformateur remplacé par un simulateur reproduisant la configuration de champ des traversées du transformateur.

Pour les essais, la connexion haute tension est connectée à l'alimentation d'essai via l'unité fonctionnelle haute tension. Seuls les appareils de connexion qui sont en série dans le circuit d'alimentation sont fermés. Tous les autres appareils de connexion sont ouverts.

Les appareils limitant la tension doivent être déconnectés pendant les essais diélectriques.

Les bornes secondaires des transformateurs de courant doivent être mises en court-circuit et raccordées à la terre.

Les transformateurs de mesure, les transformateurs de puissance ou les fusibles peuvent être remplacés par des répliques reproduisant la configuration de champ des connexions haute tension.

6.2.2.2 Conditions de l'air ambiant pendant les essais

Voir le paragraphe 6.2.1 de l'IEC 62271-1:2007.

6.2.2.3 Application de la tension d'essai

6.2.2.3.1 Sur l'interconnexion haute tension

Les tensions d'essai doivent être appliquées en connectant tour à tour chaque conducteur de phase du circuit principal à la borne de haute tension de l'alimentation d'essai. Tous les autres conducteurs du circuit principal, des circuits auxiliaires et de toutes les autres parties métalliques doivent être raccordés au conducteur de mise à la terre du cadre, et à la borne de

terre de l'alimentation d'essai. Lorsque des connexions haute tension sans blindage métallique ni conducteur de mise à la terre sont utilisées, le matériau non conducteur doit résister de même aux tensions d'essai spécifiées en 6.2.2.6. Les méthodes spécifiées dans l'IEC 60243-1:2013 doivent être appliquées à l'essai pour satisfaire aux exigences concernées.

6.2.2.3.2 Tension d'essai

Voir le paragraphe 6.2.6 de l'IEC 62271-1:2007.

6.2.2.4 Essais de tension de choc de foudre

L'interconnexion haute tension doit être soumise à des essais de tension de choc de foudre conformément à l'IEC 62271-1:2007 avec l'ajout suivant:

Pendant les essais de tension de choc de foudre, la borne mise à la terre du générateur de choc doit être connectée au système de conducteur de mise à la terre principal de l'ECEPD.

6.2.2.5 Essais de tenue à la tension à fréquence industrielle

L'interconnexion haute tension doit être soumise à des essais de tenue à la tension à fréquence industrielle de 1 min dans des conditions sèches conformément à l'IEC 62271-1:2007 avec l'ajout suivant:

Pendant les essais de tension à fréquence industrielle, une borne du transformateur d'essai doit être connectée au système de conducteur de mise à la terre principal de l'ECEPD.

6.2.2.6 Interconnexion haute tension recouverte d'une enveloppe non métallique

Lorsque l'interconnexion est entièrement ou partiellement recouverte d'une enveloppe non métallique accessible pendant le fonctionnement normal, cette enveloppe doit satisfaire aux exigences suivantes.

- a) L'isolation entre les parties sous tension du circuit principal et la surface accessible de l'enveloppe isolante doit résister aux tensions d'essai spécifiées en 4.2 de l'IEC 62271-1:2007 pour les essais de tension à la terre et entre les pôles.
- b) Le matériau isolant doit résister à la tension d'essai à fréquence industrielle spécifiée au point a). Les méthodes d'essai appropriées données dans l'IEC 60243-1:2013 doivent être appliquées.
- c) L'isolation entre les parties sous tension du circuit principal et la surface interne de l'enveloppe isolante leur faisant face doit résister à au moins 150 % de la tension assignée de l'équipement. Cela doit être soumis à essai conformément au Paragraphe 6.104 de l'IEC 62271-201:2014 en prenant en compte la catégorie de protection sélectionnée de l'interconnexion.
- d) Si un courant de fuite peut atteindre le côté accessible de l'enveloppe isolante par un cheminement continu sur les surfaces isolantes, il ne doit pas être supérieur à 0,5 mA dans les conditions d'essai spécifiées (voir 6.106).

Pour les modes opératoires d'essai, voir 6.2.101.2.2 de l'IEC 62271-202:2014.

6.2.3 Essais diélectriques de l'interconnexion basse tension

6.2.3.1 Conditions générales

Pour les essais, l'interconnexion basse tension est connectée à l'alimentation d'essai par le biais de l'unité fonctionnelle basse tension. Une borne de la source de tension doit être connectée au système de conducteur de mise à la terre principal de l'ECEPD. Seuls les appareils de connexion qui sont en série dans le circuit d'alimentation sont fermés. Tous les autres appareils de connexion sont ouverts.

Lorsque l'interconnexion basse tension est partiellement ou totalement recouverte d'une enveloppe non métallique, cette enveloppe doit être recouverte d'une feuille métallique circulaire ou carrée d'une surface aussi grande que possible mais ne dépassant pas 100 cm², reliée à la terre. La feuille doit être appliquée sur toutes les surfaces susceptibles d'être touchées par un opérateur.

6.2.3.2 Essais de tension de choc de foudre

L'interconnexion basse tension doit être soumise à des essais de tension de choc de foudre. La tension d'essai est spécifiée dans le Tableau F.5 de l'IEC 60664-1:2007, lorsque l'essai de tension de choc de foudre est choisi conformément au Paragraphe 4.2 du présent document.

La tension de choc de 1,2/50 µs doit être appliquée trois fois pour chaque polarité à des intervalles de 1 s minimum.

La tension d'essai doit être appliquée en connectant tour à tour chaque conducteur de phase du circuit principal à la borne haute tension de l'alimentation d'essai. Tous les autres conducteurs du circuit principal et des circuits auxiliaires doivent être raccordés au conducteur de mise à la terre ou au cadre, ainsi qu'à la borne de terre de l'alimentation d'essai.

Il ne doit pas y avoir de décharge perturbatrice pendant les essais.

6.2.3.3 Essai de tenue à la tension à fréquence industrielle

L'interconnexion basse tension doit être soumise à des essais de tenue à la tension à fréquence industrielle de 1 min dans des conditions sèches conformément au Tableau 8 de l'IEC 61439-1:2011 avec l'ajout suivant:

Pendant les essais de tenue à la tension à fréquence industrielle, une borne du transformateur d'essai doit être connectée au système de conducteur de mise à la terre principal de l'ECEPD.

6.2.4 Essais diélectriques sur l'unité fonctionnelle haute tension

Le Paragraphe 6.2 de l'IEC 62271-200:2011 ou de l'IEC 62271-201:2014 s'applique avec l'ajout suivant:

Dans le cas où la conception de l'ECEPD ne permet pas de séparer physiquement l'unité fonctionnelle transformateur haute tension/basse tension et l'unité fonctionnelle haute tension, les essais de l'unité fonctionnelle haute tension doivent être effectués avec l'unité fonctionnelle transformateur haute tension/basse tension isolée de l'unité fonctionnelle haute tension (par exemple, en retirant l'interconnexion).

6.2.5 Essais diélectriques sur l'unité fonctionnelle transformateur haute tension/basse tension

Les essais stipulés dans l'IEC 60076 (toutes les parties) doivent être applicables, avec les considérations suivantes:

Il convient de préférence de déconnecter l'unité fonctionnelle transformateur haute tension/basse tension de l'unité fonctionnelle haute tension et de l'unité fonctionnelle basse tension. Toutefois, pour des raisons pratiques, la tension d'essai peut être appliquée via l'unité fonctionnelle haute tension. Seuls les appareils de connexion qui sont en série dans le circuit d'alimentation sont fermés. Tous les autres appareils de connexion sont ouverts.

6.2.6 Essais diélectriques sur l'unité fonctionnelle basse tension

Le Paragraphe 9.1 de l'IEC 61439-1:2011 s'applique.

Pour des raisons pratiques, cet essai peut être effectué sur l'unité fonctionnelle basse tension déjà installée dans l'ECEPD. Dans ce cas, l'unité fonctionnelle basse tension doit être isolée de l'unité fonctionnelle transformateur haute tension/basse tension.

6.2.7 Essais de décharges partielles

Par accord entre le fabricant et l'utilisateur, un essai pour évaluer l'isolation de l'unité fonctionnelle haute tension peut être effectué en suivant le Paragraphe 6.2.9 de l'IEC 62271-200:2011 ou l'IEC 62271-201:2014, selon le type d'isolation.

6.3 Essai de tension de perturbation radioélectrique

Le Paragraphe 6.3 de l'IEC 62271-1:2007 ne s'applique pas.

6.4 Mesurage de la résistance des circuits

Le Paragraphe 6.4.1 de l'IEC 62271-200:2011 ou l'IEC 62271-201:2014 s'applique.

6.5 Essais d'échauffement

6.5.1 Généralités

Cet essai a pour objectif de vérifier que la conception de l'ECEPD dans son intégralité fonctionne correctement et ne réduit pas la durée de vie attendue des unités fonctionnelles et de leurs interconnexions. Leurs durées de vie attendues ne seront pas influencées si les limites acceptables de détérioration de l'isolation par des effets thermiques ne sont pas dépassées. Comme indiqué dans l'Article 3, les unités fonctionnelles, qui font partie d'un ECEPD, doivent respecter au moins les exigences de leurs normes respectives. Pour assurer cette conformité, les essais de type appropriés peuvent être effectués sur chaque unité fonctionnelle, seule ou intégrée à l'ECEPD. De plus, comme indiqué dans l'introduction, les interactions potentielles entre appareils doivent être évaluées.

Deux situations peuvent être envisagées.

- Les essais d'échauffement sont préalablement effectués sur chaque unité fonctionnelle seule. L'objectif de l'essai d'échauffement sur l'ECEPD complet est alors d'évaluer les interactions possibles, de définir le déclassement correspondant des unités fonctionnelles, le cas échéant, et de vérifier l'échauffement des interconnexions.
- Les essais d'échauffement ne sont pas effectués préalablement sur chaque unité fonctionnelle seule. L'objectif de l'essai de température sur l'ECEPD complet est alors de vérifier l'échauffement des unités fonctionnelles selon leurs normes respectives et dans le même temps l'échauffement des interconnexions.

6.5.2 Conditions d'essai

Les principaux essais d'échauffement des unités fonctionnelles et des interconnexions doivent être effectués simultanément sur un ECEPD complet. Dans le cas d'une unité fonctionnelle haute tension déjà soumise à des essais de type et lorsqu'il est considéré qu'il n'y a aucune influence significative de l'échauffement de l'unité fonctionnelle haute tension sur les autres unités fonctionnelles, ou vice versa, l'essai d'échauffement ne nécessite pas d'inclure le courant circulant dans le circuit principal de l'unité fonctionnelle haute tension (voir Figure 1). Si cela ne peut pas être démontré autrement, un essai complet de l'ECEPD doit être effectué (voir Figure 2). Pour l'unité fonctionnelle haute tension, le mode opératoire du Paragraphe 6.5 de l'IEC 62271-200:2011 ou l'IEC 62271-201:2014 doit être appliqué.

NOTE 1 Des motifs d'inquiétude pourraient être, par exemple, que les valeurs d'échauffement signalées pendant l'essai de type sont proches des limites acceptables, ou que l'influence des autres unités fonctionnelles sur la ligne d'alimentation du transformateur pendant l'essai d'échauffement de l'ECEPD complet est si élevée qu'il est possible d'estimer que l'influence sur le circuit principal peut compromettre leurs valeurs assignées. Dans ce cas, un déclassement de l'unité fonctionnelle haute tension est envisagé.

NOTE 2 Il est fréquent que l'unité fonctionnelle haute tension fonctionne avec un courant (une charge) bien plus faible que le courant assigné. En prenant cela en compte, l'augmentation supplémentaire de la température provoquée par le fonctionnement dans le cadre d'un ECEPD n'a dans la plupart des cas aucune influence significative sur la capacité de courant requise de l'unité fonctionnelle haute tension. Dans les cas où des conditions de fonctionnement à pleine charge sont attendues dans le circuit principal, cette hypothèse ne serait pas valide.

Dans le cas d'une unité fonctionnelle d'appareillage haute tension non soumise au préalable à des essais de type, un essai d'échauffement complet de l'ECEPD doit être effectué, comme représenté à la Figure 2.

L'essai doit être effectué dans une pièce dont les dimensions et l'isolation doivent maintenir la température de l'air ambiant de la pièce à moins de 40 °C avec une variation ne dépassant pas 1 K en 1 h pendant la période d'essai de mesure.

L'environnement doit être particulièrement exempt de courants d'air, à l'exception de ceux générés par la chaleur de l'équipement soumis à essai. Dans la pratique, cette condition est atteinte lorsque la vitesse de l'air ne dépasse pas 0,5 m/s.

6.5.3 Méthodes d'essai

6.5.3.1 Généralités

Deux situations sont envisagées (voir 6.5.1).

- a) L'essai d'échauffement ne doit pas inclure la circulation du courant dans le circuit principal de l'unité fonctionnelle haute tension car l'essai d'échauffement sur l'unité fonctionnelle haute tension a été effectué au préalable et l'influence des autres unités fonctionnelles n'est pas considérée comme significative pour l'échauffement de l'unité fonctionnelle haute tension dans l'ECEPD.
- b) L'essai d'échauffement doit inclure la circulation du courant dans le circuit principal de l'unité fonctionnelle haute tension car l'essai d'échauffement sur l'unité fonctionnelle haute tension n'a pas été effectué au préalable ou l'influence des autres unités fonctionnelles est considérée comme significative pour l'échauffement de l'unité fonctionnelle haute tension lorsqu'elle est installée dans l'ECEPD.

Les méthodes d'essai suivantes peuvent être utilisées.

La méthode préférentielle nécessite l'utilisation de sources indépendantes de courant pour alimenter les côtés haute tension et basse tension de l'ECEPD.

Une autre méthode peut être utilisée si le laboratoire ne peut fournir qu'une seule source de courant ou si la conception de l'ECEPD rend impossibles les agencements de connexions représentés à la Figure 1. L'autre méthode s'applique dans la situation a).

6.5.3.2 Méthode préférentielle

Cette méthode requiert différentes connexions d'alimentation pour les côtés haute tension et basse tension.

6.5.3.2.1 Connexion des alimentations

- a) Côté haute tension

Selon les deux situations décrites ci-dessus, les modes opératoires d'essai suivants doivent être utilisés.

Si l'essai n'exige pas d'inclure le courant circulant dans le circuit principal, l'unité fonctionnelle transformateur haute tension/basse tension et l'unité fonctionnelle haute tension doivent être connectées à une alimentation électrique et les bornes de sortie basse tension

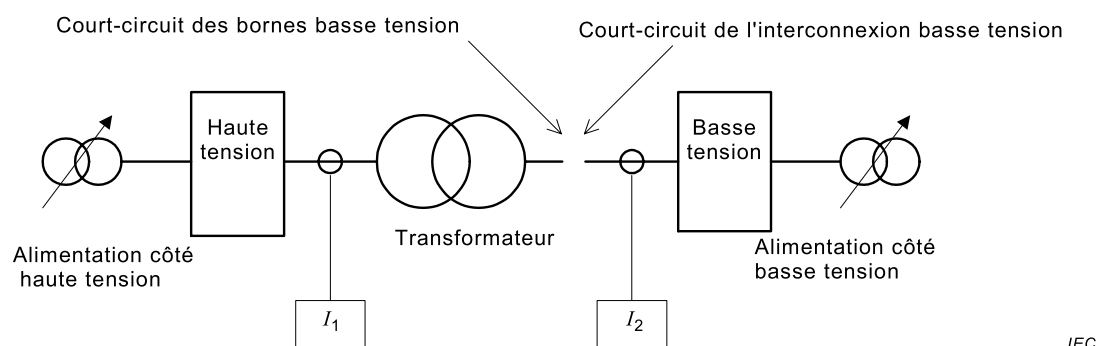
de l'unité fonctionnelle transformateur haute tension/basse tension doivent être mises en court-circuit. L'alimentation doit être connectée à la ligne d'alimentation entrante de l'unité fonctionnelle haute tension. Voir Figure 1.

Si l'essai exige d'inclure le courant circulant dans le circuit principal, il doit être isolé jusqu'à la dérivation en T (ligne d'alimentation du transformateur) et deux alimentations différentes sur le côté haute tension doivent être utilisées. La première doit alimenter le circuit principal de boucle avec son courant assigné. La seconde doit alimenter le côté haute tension de l'unité fonctionnelle transformateur haute tension/basse tension via la dérivation en T de l'unité fonctionnelle haute tension et les bornes sortantes basse tension de l'unité fonctionnelle transformateur haute tension/basse tension doivent être mises en court-circuit. Voir Figure 2.

b) Côté basse tension

L'essai d'échauffement sur le côté basse tension doit être effectué conformément au Paragraphe 9.2 de l'IEC 61439-1:2011 et aux exigences spécifiques suivantes.

L'unité fonctionnelle basse tension doit être isolée de l'unité fonctionnelle transformateur haute tension/basse tension, aussi près que possible des bornes de l'unité fonctionnelle transformateur haute tension/basse tension. A un certain point adjacent aux bornes de l'unité fonctionnelle transformateur haute tension/basse tension, un court-circuit doit être appliqué aux connexions entre l'unité fonctionnelle transformateur haute tension/basse tension et l'unité fonctionnelle basse tension. Un courant d'essai doit être appliqué à l'unité fonctionnelle basse tension au travers des unités de départ. La distribution de ce courant d'alimentation aux unités de départ basse tension doit être choisie pour représenter le pire des cas en matière de production de chaleur. Voir Figure 1 ou Figure 2.



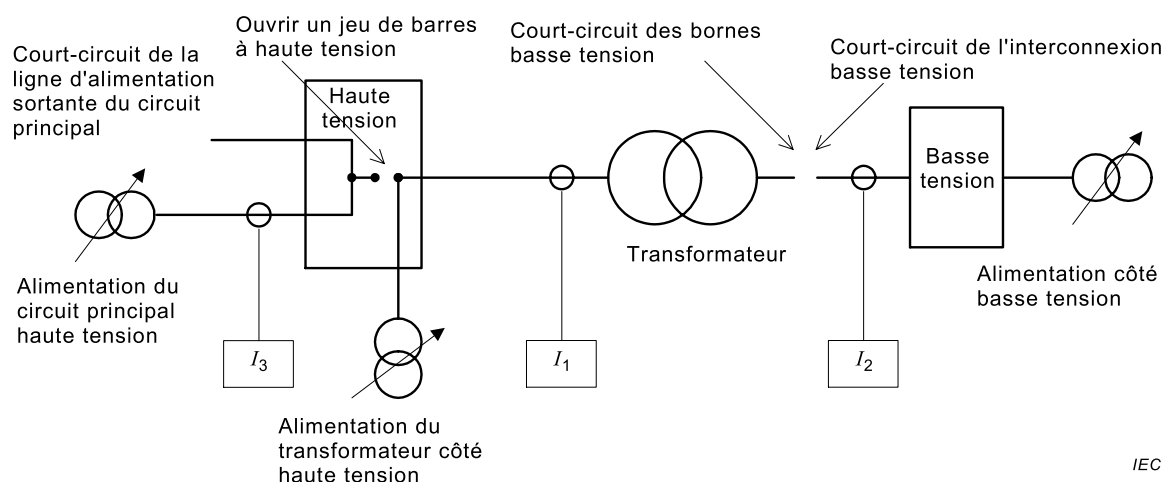
IEC

Légende

I_1 = courant suffisant pour générer les pertes totales de l'unité fonctionnelle transformateur haute tension/basse tension immergé dans un liquide ou le courant assigné haute tension de l'unité fonctionnelle transformateur haute tension/basse tension de type sec (voir 6.5.4 étape 2)

I_2 = Courant assigné basse tension de l'unité fonctionnelle transformateur haute tension/basse tension

Figure 1 – Schéma d'essai dans le cas d'une unité fonctionnelle haute tension soumise à des essais de type



IEC

Légende

- I_1 = courant suffisant pour générer les pertes totales de l'unité fonctionnelle transformateur haute tension/basse tension immergé dans un liquide ou le courant assigné haute tension de l'unité fonctionnelle transformateur haute tension/basse tension de type sec (voir 6.5.4 étape 2)
- I_2 = courant assigné basse tension de l'unité fonctionnelle transformateur haute tension/basse tension
- I_3 = courant assigné du circuit principal haute tension

Figure 2 – Schéma d'essai dans le cas d'une unité fonctionnelle haute tension non soumise à des essais de type

6.5.3.2.2 Application des courants d'essai

a) Côté haute tension

Pour une unité fonctionnelle transformateur haute tension/basse tension immergé dans un liquide, le circuit est alimenté avec un courant suffisant pour générer les pertes totales de l'unité fonctionnelle transformateur haute tension/basse tension, à sa température de référence.

NOTE 1 Cet essai peut nécessiter un petit pourcentage de courant au-dessus du courant assigné circulant par le circuit complet de manière à compenser les pertes à vide de l'unité fonctionnelle transformateur haute tension/basse tension.

NOTE 2 Pendant l'essai, la résistance doit varier en fonction de la température de l'unité fonctionnelle transformateur haute tension/basse tension. Par conséquent, le courant d'alimentation d'essai varie en conséquence pour maintenir les pertes générées constantes et égales aux pertes totales de l'unité fonctionnelle transformateur haute tension/basse tension tout au long de l'essai.

Pour les unités fonctionnelles transformateur haute tension/basse tension de type sec, la méthode de charge simulée décrite dans l'IEC 60076-11:2004 doit être suivie (voir 6.5.4).

b) Côté basse tension

Le circuit basse tension est alimenté avec le courant basse tension assigné de l'unité fonctionnelle transformateur haute tension/basse tension soumise à essai.

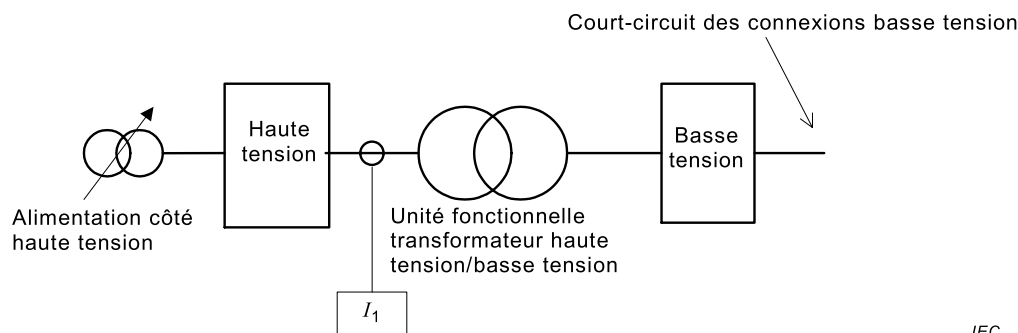
6.5.3.3 Autre méthode

Cette méthode requiert une seule alimentation.

6.5.3.3.1 Connexion de l'alimentation

L'unité fonctionnelle haute tension et l'unité fonctionnelle transformateur haute tension/basse tension doivent être connectées et la borne sortante de l'unité fonctionnelle basse tension doit

être mise en court-circuit. L'alimentation doit être connectée aux bornes d'arrivée de l'unité fonctionnelle haute tension (voir Figure 3).



Légende

I_1 = courant suffisant pour générer les pertes totales de l'unité fonctionnelle transformateur haute tension/basse tension immergé dans un liquide ou le courant assigné haute tension de l'unité fonctionnelle transformateur haute tension/basse tension de type sec (voir 6.5.4 étape 2)

Figure 3 – Autre schéma dans le cas d'une unité fonctionnelle haute tension soumise à des essais de type

6.5.3.3.2 Application du courant d'essai

L'ECEPD est alimenté avec un courant suffisant pour générer les pertes totales de l'unité fonctionnelle transformateur haute tension/basse tension, à sa température de référence, en utilisant la méthode définie dans la norme pertinente.

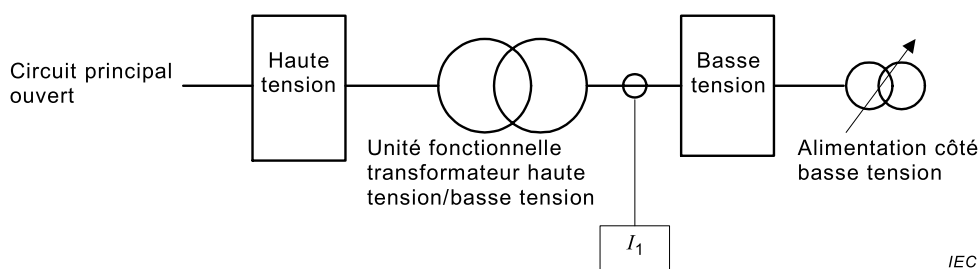
6.5.4 Cas spécial d'une unité fonctionnelle transformateur haute tension/basse tension de type sec

Pour un essai d'échauffement sur un ECEPD équipé d'une unité fonctionnelle transformateur haute tension/basse tension de type sec, il convient que l'essai d'échauffement suive la méthode de charge simulée décrite dans l'IEC 60076-11:2004 consistant en deux étapes consécutives.

Etape 1:

La tension de fonctionnement assignée (triphasee) à la fréquence assignée est appliquée à l'enroulement basse tension de l'unité fonctionnelle transformateur haute tension/basse tension via une des unités de départs de l'unité fonctionnelle basse tension. L'enroulement haute tension est connecté à l'unité fonctionnelle haute tension. Le circuit principal haute tension est ouvert (voir Figure 4). Lorsqu'un équilibre thermique a été atteint sur les enroulements et le noyau magnétique, les échauffements individuels des enroulements du transformateur doivent alors être mesurés.

NOTE Cet essai peut aussi être réalisé en alimentant l'enroulement haute tension de l'unité fonctionnelle transformateur haute tension/basse tension par l'intermédiaire de l'unité fonctionnelle haute tension. L'enroulement basse tension est connecté à l'unité fonctionnelle basse tension. Le circuit principal basse tension est ouvert.



Légende

I_1 = courant à vide du transformateur

Figure 4 – Schéma pour l'essai en circuit ouvert

Etape 2:

La connexion des alimentations est réalisée conformément au Paragraphe 6.5.3.2.1 (Figure 1).

Le côté haute tension de l'ECEPD est alimenté avec le courant assigné haute tension de l'unité fonctionnelle transformateur haute tension/basse tension. Le côté basse tension de l'ECEPD est alimenté avec le courant assigné basse tension de l'unité fonctionnelle transformateur haute tension/basse tension.

Lorsque l'état d'équilibre des enroulements et du noyau magnétique est atteint, les échauffements des enroulements individuels sont mesurés en même temps que les échauffements de l'unité fonctionnelle basse tension et des interconnexions. Pour les états d'équilibres de l'unité fonctionnelle transformateur haute tension/basse tension de type sec, voir le Paragraphe 23.4 de l'IEC 60076-11:2004.

Une fois les deux étapes ci-dessus effectuées, l'échauffement est calculé par la formule donnée en 23.2.1 de l'IEC 60076-11:2004.

6.5.5 Mesures

6.5.5.1 Mesures de la température de l'air ambiant

La température de l'air ambiant est la température moyenne de l'air entourant l'ECEPD. Elle doit être mesurée pendant le dernier quart de la période d'essai au moyen d'au moins quatre thermomètres, thermocouples ou autres appareils de détection de température uniformément répartis autour de l'ECEPD approximativement à la hauteur moyenne de ses parties transportant du courant et à une distance d'environ 1 m de l'ECEPD. Les thermomètres ou thermocouples doivent être protégés des courants d'air et d'une influence excessive de la chaleur.

Afin d'éviter des erreurs d'indication du fait de changements rapides de température, les thermomètres ou thermocouples peuvent être placés dans de petites bouteilles contenant environ un demi-litre d'huile.

Pendant le dernier quart de la période d'essai, le changement de température de l'air ambiant ne doit pas dépasser 1 K en 1 h. La température de l'air ambiant pendant les essais doit être supérieure à +10 °C mais inférieure à +40 °C. Aucune correction des valeurs d'échauffement ne doit être effectuée pour les températures de l'air ambiant dans cette plage.

6.5.5.2 Unité fonctionnelle transformateur haute tension/basse tension

Dans le cas d'une unité fonctionnelle transformateur haute tension/basse tension déjà soumise à un essai de type, l'échauffement maximal du liquide pour les unités fonctionnelles de transformateur haute tension/basse tension immergé dans un liquide doit être mesuré

comme indiqué dans l'IEC 60076-2:2011, ou les échauffements moyens des enroulements pour les unités fonctionnelles transformateur haute tension/basse tension de type sec doivent être mesurés comme indiqué dans l'IEC 60076-11:2004.

En outre, dans le cas d'une unité fonctionnelle transformateur haute tension/basse tension non soumise à un essai de type, la mesure de l'échauffement des enroulements doit être effectuée conformément à l'IEC 60076-2:2011 ou l'IEC 60076-11:2004. Pour cette mesure, le schéma de la Figure 1 doit être utilisé de préférence, ou bien celui de la Figure 3 si une seule source d'alimentation est disponible.

Dans le cas d'une unité fonctionnelle transformateur haute tension/basse tension de type sec non soumise à un essai de type, l'échauffement est calculé par la formule donnée en 23.2.1 dans l'IEC 60076-11:2004.

6.5.5.3 Unité fonctionnelle basse tension

L'échauffement de l'unité fonctionnelle basse tension doit être mesuré comme indiqué dans l'IEC 61439-1:2011.

La température de l'air à l'endroit où un équipement électronique peut être installé doit être mesurée. La température doit se situer dans les limites de la condition de service applicable à l'équipement électronique contenu.

6.5.5.4 Unité fonctionnelle haute tension

Si cet essai est considéré comme nécessaire ou dans le cas d'une unité fonctionnelle haute tension non soumise à un essai de type (voir 6.5.2), une mesure complète doit être effectuée conformément à l'IEC 62271-200:2011 ou l'IEC 62271-201:2014.

La température de l'air à l'endroit où un équipement électronique peut être installé doit être mesurée. La température doit se situer dans les limites de la condition de service applicable à l'équipement électronique contenu.

6.5.5.5 Interconnexions

La température des interconnexions haute tension et basse tension et celle de leurs bornes doivent être mesurées.

6.5.5.6 Critères d'acceptation

L'essai auquel est soumis l'ECEPD est considéré comme réussi si:

- l'échauffement de l'unité fonctionnelle transformateur haute tension/basse tension ne dépasse pas les exigences de l'IEC 60076-2:2011 pour les unités fonctionnelles de transformateur haute tension/basse tension immergé dans un liquide ou de l'IEC 60076-11:2004 pour les unités fonctionnelles transformateur haute tension/basse tension de type sec. Si l'unité fonctionnelle transformateur haute tension/basse tension remplie de liquide a déjà été soumise à essai, seule la température maximale du liquide doit être vérifiée;
- les échauffements et les températures des unités fonctionnelles haute tension et de l'interconnexion haute tension ne dépassent pas les exigences de l'IEC 62271-1:2007;
- les échauffements et les températures de l'unité fonctionnelle basse tension et de l'interconnexion basse tension ne dépassent pas les exigences de l'IEC 61439-1:2011;
- pour les parties accessibles de l'ECEPD, les échauffements et les températures ne dépassent pas les exigences du Tableau 3 de l'IEC 62271-1:2007. Si les valeurs sont dépassées, il convient de prendre des précautions supplémentaires sur site afin d'éviter le risque de brûlures.

6.6 Essais au courant de courte durée et à la valeur crête du courant admissible

6.6.1 Essais au courant de courte durée et à la valeur crête du courant admissible du circuit principal des unités fonctionnelles haute tension et basse tension

L'unité fonctionnelle haute tension qui n'a pas encore été soumise à essai doit être soumise à essai conformément à l'IEC 62271-200:2011 ou l'IEC 62271-201:2014. L'unité fonctionnelle haute tension doit être isolée de l'unité fonctionnelle transformateur haute tension/basse tension pour réaliser l'essai.

L'unité fonctionnelle basse tension qui n'a pas encore été soumise à essai doit être soumise à essai conformément à l'IEC 61439-1:2011. L'unité fonctionnelle basse tension doit être isolée de l'unité fonctionnelle transformateur haute tension/basse tension pour réaliser l'essai.

6.6.2 Essais au courant de courte durée et à la valeur de crête du courant admissible des interconnexions haute tension et basse tension

L'interconnexion haute tension doit être soumise à essai en suivant le mode opératoire décrit en 6.6 a) de l'IEC 62271-200:2011 ou l'IEC 62271-201:2014. Le courant d'essai doit être appliqué de manière à soumettre à essai la connexion complète au transformateur. Toutes les pièces de support de l'interconnexion doivent être maintenues en place dans les conditions de service pendant l'essai.

En particulier, quand l'interconnexion haute tension est protégée par des appareils limiteurs de courant situés dans l'appareillage haute tension, les dispositions en 6.6 a) de l'IEC 62271-200:2011 ou l'IEC 62271-201:2014 s'appliquent.

Si l'interconnexion haute tension n'est pas protégée par des appareils limiteurs de courant, l'essai peut être effectué, le cas échéant, en même temps que l'essai de l'unité fonctionnelle haute tension, tant que les conditions en 6.6.1 de l'IEC 62271-200:2011 ou l'IEC 62271-201:2014 sont remplies.

Les interconnexions basse tension non soumises à essai de type peuvent être soumises à essai en suivant le mode opératoire décrit dans l'IEC 61439-1:2011 pour l'ensemble d'appareillage basse tension. Cet essai peut être effectué, le cas échéant, en même temps que l'essai de l'unité fonctionnelle basse tension. Le courant d'essai doit être appliqué de manière à soumettre à essai la connexion complète au transformateur. Toutes les pièces de support de l'interconnexion doivent être maintenues en place dans les conditions de service pendant l'essai.

6.6.3 Essais au courant de courte durée et à la valeur de crête du courant admissible des circuits de mise à la terre

Le système de conducteur de mise à la terre de l'ECEPD doit être soumis à essai conformément à l'IEC 62271-1:2007 avec l'ajout des paragraphes suivants:

Il n'est pas nécessaire de répéter les essais de type sur les circuits principaux de mise à la terre des unités fonctionnelles soumises à un essai de type.

Après l'essai, une certaine déformation du conducteur de mise à la terre principal et des connexions à l'unité fonctionnelle est admissible, mais la continuité du circuit doit être préservée.

Généralement, aucun essai des connexions des capots et des portes métalliques, s'il en existe, vers le conducteur de mise à la terre principal n'est nécessaire, si la conception adéquate est démontrée. Toutefois, en cas de doute, celles-ci doivent être soumises à essai à 30 A en courant continu. La chute de tension doit être inférieure à 3 V.

6.6.4 Essais au courant de courte durée et à la valeur crête du courant admissible de l'unité fonctionnelle transformateur haute tension/basse tension

Par accord entre le fabricant et l'utilisateur, un essai de court-circuit selon l'IEC 60076-5:2006 peut être effectué sur l'unité fonctionnelle transformateur haute tension/basse tension.

Il convient de préférence de déconnecter l'unité fonctionnelle transformateur haute tension/basse tension de l'unité fonctionnelle haute tension et de l'unité fonctionnelle basse tension. Toutefois, pour des raisons pratiques, la tension d'essai peut être appliquée via l'unité fonctionnelle haute tension. Seuls les appareils de connexion qui sont en série dans le circuit d'alimentation sont fermés. Tous les autres appareils de connexion sont ouverts.

6.7 Vérification de la protection

6.7.1 Vérification du degré de protection (code IP)

Le degré de protection spécifié par le fabricant pour une enveloppe quelconque dans l'ECEPD doit être vérifié selon l'IEC 60529:1989.

6.7.2 Vérification de la résistance aux impacts mécaniques (code IK)

Conformément aux exigences spécifiées dans l'IEC 62262:2002, l'essai doit être effectué sur chaque enveloppe dans les conditions de service. Les valeurs d'essai indiquées en 5.101 s'appliquent.

La vérification de la résistance aux impacts mécaniques des autres parties de l'ECEPD peut être effectuée par accord entre l'utilisateur et le fabricant.

6.8 Essais d'étanchéité

Le Paragraphe 6.8 de l'IEC 62271-1:2007 s'applique à l'unité fonctionnelle haute tension et peut s'appliquer aux transformateurs à isolation gazeuse.

6.9 Essais de compatibilité électromagnétique (CEM)

Pour l'unité fonctionnelle haute tension, le Paragraphe 6.9 de l'IEC 62271-1:2007 s'applique à l'exception des essais de perturbations radioélectriques.

Pour l'unité fonctionnelle basse tension, le Paragraphe 10.12 de l'IEC 61439-1:2011 s'applique.

Un essai sur un ECEPD n'est pas nécessaire, à condition que l'unité fonctionnelle haute tension et l'unité fonctionnelle basse tension aient été soumises à essai selon leurs normes respectives.

6.10 Essais complémentaires sur les circuits auxiliaires et de commande

6.10.1 Généralités

Le Paragraphe 6.10 de l'IEC 62271-1:2007 s'applique avec l'ajout suivant:

Ces essais doivent être effectués sur l'ECEPD complet et s'appliquent uniquement aux circuits auxiliaires et de commande basse tension. Les circuits électriques basse tension, c.-à-d. les circuits secondaires de transformateur, l'interconnexion et l'unité fonctionnelle basse tension, sont exclus de l'essai.

6.10.2 Essais fonctionnels

Un essai fonctionnel de tous les circuits basse tension doit être réalisé pour vérifier le fonctionnement correct des circuits auxiliaires et de commande avec les autres parties de l'ECEPD.

Les essais doivent être effectués avec les valeurs limites inférieure et supérieure de la tension d'alimentation.

Pour les circuits basse tension, les sous-ensembles et les composants, les essais de fonctionnement peuvent être omis s'ils ont été entièrement effectués pendant un essai appliqué à un ECEPD similaire.

6.10.3 Essai de continuité électrique des pièces métalliques reliées à la terre

Le Paragraphe 6.10.3 de l'IEC 62271-1:2007 s'applique.

6.10.4 Vérification des caractéristiques de fonctionnement des contacts auxiliaires

Le Paragraphe 6.10.4 de l'IEC 62271-1:2007 s'applique.

6.10.5 Essais d'environnement

Le Paragraphe 6.10.5 de l'IEC 62271-1:2007 s'applique partiellement sur un circuit auxiliaire et de commande représentatif.

Lorsque les essais indiqués en 6.10.5 de l'IEC 62271-1:2007 sont effectués sur les composants séparés d'un circuit auxiliaire et de commande représentatif, aucun essai environnemental supplémentaire n'est nécessaire.

Lorsque ces essais ne sont pas effectués, les autres paragraphes en 6.10.5 de l'IEC 62271-1:2007 s'appliquent sur un agencement typique des circuits auxiliaires et de commande.

6.10.6 Essai diélectrique

Le Paragraphe 6.10.6 de l'IEC 62271-1:2007 s'applique.

6.11 Procédure d'essai des rayonnements X pour les interrupteurs à vide

Le Paragraphe 6.11 de l'IEC 62271-1:2007 s'applique aux unités fonctionnelles haute tension lorsque des interrupteurs à vide sont utilisés.

6.101 Essai d'arc interne

6.101.1 Généralités

Ces essais s'appliquent aux ECEPD destinés à être qualifiés comme classifiés arc interne (classe IAC) pour la protection des personnes en cas d'arc interne du côté haute tension.

Ces essais couvrent les cas de défauts donnant lieu à un arc à l'intérieur de l'ECEPD dans l'unité fonctionnelle haute tension et l'interconnexion haute tension. L'efficacité de la conception de l'ECEPD pour assurer la protection des personnes en cas d'arc interne peut être vérifiée par des essais selon l'Annexe AA.

Les ECEPD sont généralement destinés à être installés dans des locaux de service électriques fermés où, en principe, seul le personnel autorisé peut entrer. Toutefois, les employés d'une usine qui ne sont pas chargés du fonctionnement de l'unité fonctionnelle haute tension peuvent se trouver occasionnellement à proximité d'un ECEPD. N'ayant pas

conscience des risques qu'ils encourent, ils sont considérés comme du public dans le contexte du présent document. En conséquence, le présent document considère à la fois les accessibilités de type A et B, comme dans l'IEC 62271-200:2011 ou l'IEC 62271-201:2014.

La classe IAC-A est destinée à vérifier la protection des opérateurs lors de l'utilisation de l'ECEPD et se base sur une restriction aux personnes autorisées uniquement (accessibilité de type A, voir 4.102.2).

La classe IAC-B est destinée à vérifier la protection du public près de l'ECEPD avec un accès non limité (accessibilité de type B, voir 4.102.2).

Cette classification IAC est destinée à offrir un niveau de protection éprouvé aux personnes (y compris les opérateurs) proches de l'ECEPD dans le cas d'arcs internes dans des conditions de fonctionnement normales, avec son unité fonctionnelle haute tension en position de service normal.

NOTE Le présent document couvre uniquement les arcs internes survenant du côté haute tension de l'ECEPD, interconnexions haute tension incluses (par ex., entre l'unité fonctionnelle haute tension et l'unité fonctionnelle transformateur haute tension/basse tension). Les arcs internes au sein de l'unité fonctionnelle transformateur haute tension/basse tension ou de l'unité fonctionnelle basse tension ne sont pas pris en compte. (Voir 5.103 pour une explication de cette exclusion).

Les arcs internes dans un ECEPD peuvent survenir à différents endroits et causer différents phénomènes physiques. Par exemple, l'énergie résultant d'un arc développé dans l'air au sein de l'ECEPD ou dans un fluide isolant au sein de l'enveloppe d'une unité fonctionnelle haute tension doit provoquer une surpression interne et une surchauffe locale entraînant des contraintes mécaniques et thermiques sur le local ou l'enveloppe (le cas échéant) qui contient l'ECEPD. De plus, les matériaux concernés peuvent générer des produits de décomposition chauds, à l'état gazeux ou de vapeur, susceptibles d'être rejetés autour de l'ECEPD.

La classe IAC tolère une surpression interne sur les capots, les portes, le(s) sol(s), etc. Elle prend également en considération les effets thermiques de l'arc ou de ses racines sur l'enveloppe ainsi que les gaz chauds et les particules incandescentes rejetés, mais pas les dommages sur la cloison interne et les volets non accessibles dans des conditions de fonctionnement normales.

Les essais d'arc interne décrits ci-dessous ne couvrent pas tous les effets susceptibles de présenter un danger, tels que les gaz aux caractéristiques toxiques potentielles qui peuvent être présents après le défaut, ou le danger de propagation d'incendie après un arc interne sur des matériaux combustibles ou un équipement placé à proximité de l'ECEPD.

6.101.2 Conditions d'essai

Pour être qualifié classe IAC-A et/ou IAC-B, un ECEPD doit être soumis à deux séries d'essais différentes, une sur l'unité fonctionnelle haute tension et l'autre sur les interconnexions haute tension. Pour être qualifié de classe IAC-AB, l'ECEPD doit être soumis à la série d'essais pour la classe IAC-A et pour la classe IAC-B.

Pour les essais requis, voir les Figures AA.7, AA.8, AA.9 et AA.10, qui présentent les principes de choix des essais et le nombre correspondant ainsi que le type des essais à effectuer.

L'essai d'arc interne doit être effectué sur un ECEPD complet pour garantir que l'influence de tous les appareils est représentée. Si un appareil est utilisé pour limiter la durée de l'arc (par exemple relais de protection, fusibles), il peut être opérationnel pendant l'essai mais la partie de l'ECEPD protégée par l'appareil doit être classifiée selon la durée réelle de l'arc.

A titre exceptionnel, l'essai de l'unité fonctionnelle haute tension peut ne pas être nécessaire, à condition que:

- cette unité fonctionnelle ait été précédemment soumise à un essai d'arc interne selon l'Annexe AA de l'IEC 62271-200:2011, dans des conditions d'essai identiques ou plus sévères que les conditions d'installation réelles dans l'ECEPD;
- il peut être prouvé que les autres composants de l'ECEPD n'affectent pas le comportement.

6.101.3 Agencement de l'équipement

Les points suivants doivent être observés:

- les essais doivent être effectués sur un ECEPD non préalablement soumis à l'essai d'arc, ou, s'il l'a été, dans une condition qui n'affecte pas le résultat de l'essai;
- l'ECEPD doit être entièrement équipé, et inclure notamment l'interconnexion haute tension. Les éléments de remplacement de composants internes qui ne doivent pas être exposés à l'arc sont autorisés à condition qu'ils aient le même volume et le même matériau externe que les composants originaux;
- lorsque l'ECEPD est connecté à la terre, la connexion doit être à l'endroit prévu à cet effet.

6.101.4 Mode opératoire d'essai

La méthode pour vérifier la classification d'arc interne est définie en AA.6.

6.101.5 Critères pour réussir l'essai

Un ECEPD est qualifié avec une classe IAC (selon le type d'accessibilité approprié) à condition que:

- les cinq critères spécifiés dans le Paragraphe 6.106.5 de l'IEC 62271-200:2011 ou 6.105.5 de l'IEC 62271-201:2014 aient été satisfaits après l'essai d'arc interne sur l'unité fonctionnelle haute tension;

NOTE Lorsque la conception de l'ECEPD inclut un espace sous le sol pour recevoir les gaz d'échappement, il convient d'évaluer le comportement du sol du point de vue de la sécurité de l'opérateur présent dessus.

- si applicable (voir Figure AA.9 et AA.10), les critères suivants aient été satisfaits après l'essai sur les interconnexions haute tension:

Critère n° 1 Les barrières, obstacles ou enveloppes de l'interconnexion haute tension, s'il y en a, ne sont pas déformés ou déplacés au-delà de la position des indicateurs.

Critère n° 2 Aucune projection de matière d'une masse individuelle supérieure à 60 g.

Critère n° 3 L'arc ne provoque pas d'ouverture sur le côté accessible de l'enveloppe de l'interconnexion, si ce côté est complètement fermé.

Critère n° 4 Les indicateurs ne s'enflamment pas sous l'effet de flammes ou de gaz chauds.

S'ils commencent à brûler pendant l'essai, le critère d'évaluation peut être considéré comme ayant été satisfait si la preuve est établie que l'inflammation a été causée par des particules incandescentes plutôt que par les gaz chauds. Des images prises par des appareils photo à grande vitesse, des vidéos ou tout autre moyen adapté peuvent être utilisés par le laboratoire d'essai pour établir cette preuve.

L'inflammation des indicateurs par la brûlure de la peinture ou des étiquettes est également exclue de l'évaluation.

Critère n° 5 Si l'interconnexion est protégée par une enveloppe raccordée à la terre, cette enveloppe reste raccordée à son point de mise à la terre.

6.101.6 Rapport d'essai

Les informations suivantes doivent être données dans le rapport d'essai:

- les caractéristiques assignées et la description de l'ECEPD avec un plan indiquant les dimensions principales, les détails sur la résistance mécanique, la disposition des volets limiteurs de pression et la méthode de fixation de l'ECEPD au sol et/ou aux murs;
- la disposition des raccordements d'essai;
- le point et la méthode d'amorçage de l'arc interne;
- des dessins de l'agencement d'essai (simulation de la pièce, objet d'essai et cadre de montage des indicateurs) en fonction du type d'accessibilité (A ou B), du côté (face avant (F), latéralement (L) ou derrière (R)) et des conditions d'installation;
- la tension et la fréquence appliquées;
- pour le courant présumé ou le courant d'essai:
 - a) la valeur efficace de la composante CA pendant les trois premiers demi-cycles;
 - b) la valeur de crête la plus élevée;
 - c) la valeur moyenne de la composante CA sur la durée réelle de l'essai;
 - d) la durée d'essai;
- un ou plusieurs oscillogrammes montrant les courants et les tensions;
- l'interprétation des résultats d'essai, incluant les observations conformément à 6.101.5;
- des photographies de l'objet soumis à essai, avant et après l'essai;
- les autres remarques pertinentes;
- la disposition des conduits de câbles s'ils sont utilisés pour évacuer les gaz.

6.101.7 Extension de validité des résultats d'essais

La validité des résultats d'un essai effectué sur un modèle d'ECEPD particulier ou une de ses parties représentatives peut être étendue à un autre, à condition que l'essai d'origine ait été plus contraignant et que le dernier modèle puisse être considéré comme similaire à celui soumis à essai dans tous les aspects suivants:

- courant d'arc et durée d'arc;
- directions des écoulements gazeux issus de l'arc interne;
- dimensions des compartiments soumis à essai et agencement de l'ECEPD;
- structure et résistance mécanique des compartiments et des cloisons, le cas échéant;
- performance du système de limitation de pression, le cas échéant.

6.102 Vérification des pouvoirs de fermeture et de coupure

Le Paragraphe 6.101 de l'IEC 62271-200:2011 ou l'IEC 62271-201:2014 s'applique avec l'ajout suivant:

Il n'est pas nécessaire de répéter les essais de type pour vérifier les pouvoirs de fermeture et de coupure sur les composants préalablement soumis à des essais de type, tant que les conditions de service dans l'ECEPD sont similaires aux conditions d'essai. Les éventuelles influences mécaniques, thermiques et électriques doivent être considérées.

6.103 Essais de fonctionnement mécanique

Les Paragraphes 6.102 de l'IEC 62271-200:2011 et 10.13 de l'IEC 61439-1:2011 s'appliquent respectivement à l'unité fonctionnelle haute tension et à l'unité fonctionnelle basse tension avec l'ajout suivant:

Il n'est pas nécessaire de répéter l'essai de fonctionnement mécanique si les unités fonctionnelles ont été précédemment soumises à des essais de type, à condition que l'installation de l'unité fonctionnelle dans l'ECEPD n'impose pas des conditions susceptibles

de nuire au fonctionnement. En cas de doute, l'essai doit être répété dans les conditions d'installation réelles.

6.104 Essai de stabilité mécanique

Les pattes de levage de l'ensemble complet doivent être conçues pour supporter le poids total de l'ECEPD.

Les essais de type pour l'ensemble complet doivent inclure un essai de stabilité. L'essai doit être mené avec précaution pour garantir que l'équipement ne puisse pas basculer de façon incontrôlée. L'essai doit comprendre le levage de 15° d'un côté de l'équipement afin de vérifier l'absence de basculement.

NOTE Il est suggéré que l'équipement puisse être soutenu par une grue pendant l'essai.

6.105 Essais de tenue à la pression pour les compartiments à remplissage de gaz

Le Paragraphe 6.103 de l'IEC 62271-200:2011 s'applique avec l'ajout suivant:

Il n'est pas nécessaire de répéter l'essai de tenue de pression pour les compartiments à remplissage de gaz sur les composants soumis à des essais de type.

6.106 Mesures des courants de fuite des enveloppes non métalliques

Lorsque l'interconnexion haute tension est totalement ou partiellement recouverte d'une enveloppe non métallique, les essais suivants doivent être effectués pour vérifier la conformité à l'exigence du point d) du Paragraphe 6.2.2.6.

Au choix du fabricant, le circuit principal doit être connecté soit à une alimentation triphasée d'une tension à fréquence industrielle égale à la tension assignée de l'unité fonctionnelle haute tension, avec une phase raccordée à la terre, soit à une alimentation monophasée d'une tension égale à la tension assignée, les parties sous tension du circuit principal étant connectées ensemble. Pour les essais triphasés, trois mesures doivent être réalisées avec les différentes phases de l'alimentation successivement raccordées à la terre. Dans le cas des essais monophasés, une seule mesure est nécessaire.

Une feuille métallique doit être placée dans la situation la plus défavorable pour l'essai sur la surface accessible de l'isolation procurant la protection contre le contact avec les pièces sous tension. En cas de doute sur la situation la plus défavorable, l'essai doit être répété dans différentes situations.

La feuille métallique doit être à peu près circulaire ou carrée, d'une surface aussi grande que possible mais ne dépassant pas 100 cm². L'enveloppe et le cadre de l'appareillage sous enveloppe métallique doivent être raccordés à la terre. Le courant de fuite traversant la feuille métallique jusqu'à la terre doit être mesuré avec l'isolation sèche et propre.

Si la valeur du courant de fuite mesuré est supérieure à 0,5 mA, la surface isolante n'offre pas la protection requise par le présent document.

Il n'est pas nécessaire de mesurer les courants de fuite si les pièces métalliques mises à la terre sont disposées de manière à garantir que les courants de fuite ne peuvent pas atteindre les pièces accessibles de l'enveloppe.

6.107 Essai de protection contre les intempéries

Dans le cadre d'un accord entre le fabricant et l'utilisateur, un essai de protection contre les intempéries peut être réalisé sur l'ECEPD. Une méthode recommandée est donnée à l'Annexe C de l'IEC 62271-1:2007.

6.108 Etanchéité et résistance mécanique des compartiments remplis de liquide

Si l'enveloppe est de type fermée hermétiquement et entièrement remplie de liquide, le Paragraphe 11.8 de l'IEC 60076-1:2011 s'applique avec l'ajout suivant:

L'essai doit être effectué sur un ECEPD complet pour assurer que l'influence de tous les appareils est représentée.

NOTE Les essais de tenue mécanique spécifiés dans l'EN 50464-4:2007 et l'IEEE C57.12.00:2010 peuvent être considérés comme des références de méthodes d'essai alternatives pour les cuves de l'unité fonctionnelle transformateur haute tension/basse tension immergé dans un liquide.

6.109 Mesure ou calcul des champs électromagnétiques

Les lignes directrices générales concernant la mesure ou le calcul des champs électromagnétiques sont données dans l'IEC TR 62271-208:2009.

7 Essais individuels de série

Les essais individuels de série doivent être réalisés sur chaque ECEPD complet dans l'usine du fabricant pour garantir que le produit est conforme à l'équipement sur lequel les essais de type ont été effectués.

Du fait de la conception spéciale de l'équipement, il peut être pratique d'effectuer les essais de plusieurs unités fonctionnelles en même temps.

Les essais individuels de série comprennent:

- un essai diélectrique du circuit principal (7.1);
- des essais des circuits auxiliaires et de commande (7.2);
- une mesure de la résistance du circuit principal (7.3);
- un essai d'étanchéité (7.4);
- des contrôles visuels et du modèle (7.5);
- un essai de fonctionnement mécanique sur les unités fonctionnelles haute tension (7.101);
- des essais de pression pour les compartiments à remplissage de gaz (7.102);
- des essais des dispositifs auxiliaires électriques, pneumatiques et hydrauliques (7.103);
- une mesure des résistances des enroulements (7.104);
- une mesure du rapport de tension (7.105);
- une mesure de l'impédance de court-circuit et des pertes en charge (7.106);
- une mesure des pertes à vide et du courant à vide (7.107);
- une inspection de l'unité fonctionnelle basse tension, incluant l'inspection du câblage et, si nécessaire, un essai de fonctionnement électrique (7.108);
- une vérification des mesures de protection et de la continuité électrique des circuits de protection de l'unité fonctionnelle basse tension (7.109);
- des essais après l'assemblage sur site (7.110).

7.1 Essais diélectriques sur le circuit principal

7.1.1 Généralités

Seules les parties de l'ECEPD non préalablement soumises à des essais individuels de série doivent être testées.

7.1.2 Essais diélectriques sur l'unité fonctionnelle haute tension

Les essais doivent être effectués avec l'unité fonctionnelle transformateur haute tension/basse tension isolée de l'unité fonctionnelle haute tension. Pour cela, l'appareil de connexion du circuit d'alimentation du transformateur, s'il existe, doit être en position ouverte.

Dans ce cas, pour des raisons pratiques, l'appareil de connexion du circuit d'alimentation du transformateur ne doit pas faire partie de l'équipement soumis à essai. Il doit être soumis à essai avec l'unité fonctionnelle transformateur haute tension/basse tension comme indiqué en 7.1.3. Les valeurs de tension d'essai doivent être celles de l'unité fonctionnelle transformateur haute tension/basse tension. Un essai avec l'appareil de connexion du circuit d'alimentation du transformateur en position ouverte doit être inclus. Les essais suivants s'appliquent:

- essais diélectriques (7.1 de l'IEC 62271-1:2007).

Les appareils limitant la tension tels que les parafoudres et les transformateurs de tension, s'ils font partie de l'unité fonctionnelle haute tension, doivent être déconnectés pendant les essais individuels de série diélectriques.

7.1.3 Essais diélectriques de l'unité fonctionnelle transformateur haute tension/basse tension et de l'interconnexion haute tension

Si l'unité fonctionnelle transformateur haute tension/basse tension n'a pas été préalablement soumise à des essais individuels de série, l'IEC 60076-1:2011 doit être suivie.

La tension d'essai doit être appliquée via l'unité fonctionnelle haute tension ou l'unité fonctionnelle basse tension. Seuls les appareils de connexion présents en série dans le circuit d'alimentation sont fermés, tous les autres appareils de connexion sont en position ouverte. Les essais suivants s'appliquent:

- Essai de tension appliquée (Article 10 de l'IEC 60076-3:2013);
- Essai de tenue de tension induite (Paragraphe 11.2 de l'IEC 60076-3:2013).

7.1.4 Essais diélectriques sur l'unité fonctionnelle basse tension et l'interconnexion basse tension

Comme l'objectif de cet essai consiste à soumettre à essai uniquement l'unité fonctionnelle basse tension et l'interconnexion basse tension, l'interconnexion basse tension doit être déconnectée de l'unité fonctionnelle transformateur haute tension/basse tension. La tension d'essai doit être appliquée du côté unité fonctionnelle transformateur haute tension/basse tension de l'interconnexion basse tension. Les appareils de connexion qui sont en série dans le circuit d'alimentation sont fermés.

Les essais suivants s'appliquent:

- essais diélectriques (11.9 de l'IEC 61439-1:2011);
- vérification de la résistance d'isolement (11.9 de l'IEC 61439-1:2011).

7.2 Essais sur les circuits auxiliaires et de commande

Le Paragraphe 7.2 de l'IEC 62271-1:2007 s'applique.

7.3 Mesurage de la résistance du circuit principal

Cet essai doit être effectué sur circuit principal comme décrit en 7.3 de l'IEC 62271-200:2011.

7.4 Essai d'étanchéité

Dans le cas où ils ont été soumis à des essais individuels de série selon leurs normes appropriées, il n'est pas nécessaire d'effectuer cet essai.

Dans les autres cas, les essais suivants s'appliquent:

- un essai d'étanchéité comme indiqué en 7.4 de l'IEC 62271-1:2007 doit être effectué pour l'unité fonctionnelle haute tension.
- un essai de fuite avec une pression conforme au Paragraphe 11.8 de l'IEC 60076-1:2011 pour l'unité fonctionnelle transformateur haute tension/basse tension immergé dans un liquide ou un essai d'étanchéité conforme au Paragraphe 11.3 de l'IEC 60076-15:2015 pour l'unité fonctionnelle transformateur haute tension/basse tension à isolation gazeuse.

7.5 Contrôles visuels et du modèle

Le Paragraphe 7.5 de l'IEC 62271-1:2007 s'applique.

7.101 Essais de fonctionnement mécanique de l'unité fonctionnelle haute tension

Le Paragraphe 7.102 de l'IEC 62271-200:2011 ou l'IEC 62271-201:2014 s'applique.

7.102 Essais de pression des compartiments à remplissage de gaz

Le Paragraphe 7.103 de l'IEC 62271-200:2011 ou l'IEC 62271-201:2014 s'applique avec l'ajout suivant:

L'essai de pression de la cuve d'une unité fonctionnelle transformateur haute tension/basse tension à isolation gazeuse doit être réalisé selon le Paragraphe 11.4 de l'IEC 60076-15:2015.

7.103 Essais des dispositifs auxiliaires électriques, pneumatiques et hydrauliques

Le Paragraphe 7.104 de l'IEC 62271-200:2011 ou l'IEC 62271-201:2014 s'applique.

7.104 Mesure de la résistance des enroulements

Si l'unité fonctionnelle transformateur haute tension/basse tension n'a pas été précédemment soumise à des essais individuels de série, le Paragraphe 11.2 de l'IEC 60076-1:2011 ou l'Article 15 de l'IEC 60076-11:2004 doivent être appliqués.

7.105 Mesure du rapport de tension

Si l'unité fonctionnelle transformateur haute tension/basse tension n'a pas été précédemment soumise à des essais individuels de série, le Paragraphe 11.3 de l'IEC 60076-1:2011 ou l'Article 16 de l'IEC 60076-11:2004 doivent être appliqués.

7.106 Mesure de l'impédance de court-circuit et des pertes dues à la charge

Si l'unité fonctionnelle transformateur haute tension/basse tension n'a pas été précédemment soumise à des essais individuels de série, le Paragraphe 11.4 de l'IEC 60076-1:2011 ou l'Article 17 de l'IEC 60076-11:2004 doivent être appliqués.

7.107 Mesure des pertes à vide et du courant à vide

Si l'unité fonctionnelle transformateur haute tension/basse tension n'a pas été précédemment soumise à des essais individuels de série, le Paragraphe 11.5 de l'IEC 60076-1:2011 ou l'Article 18 de l'IEC 60076-11:2004 doivent être appliqués.

7.108 Inspection de l'unité fonctionnelle basse tension, incluant l'inspection du câblage et, si nécessaire, un essai de fonctionnement électrique

Si l'unité fonctionnelle basse tension n'a pas été précédemment soumise à des essais individuels de série, le Paragraphe 11.10 de l'IEC 61439-1:2011 doit être appliqué.

7.109 Vérification des mesures de protection et de la continuité électrique des circuits de protection de l'unité fonctionnelle basse tension

Si l'unité fonctionnelle basse tension n'a pas été précédemment soumise à des essais individuels de série, le Paragraphe 11.4 de l'IEC 61439-1:2011 doit être appliqué.

7.110 Essais après l'assemblage sur site

Dans le cas exceptionnel où, pour des raisons pratiques, le fabricant et l'utilisateur conviennent de transporter l'unité démontée, des essais supplémentaires peuvent être réalisés sur site par accord entre le fabricant et l'utilisateur, afin de s'assurer que le processus d'assemblage a été correctement effectué.

8 Guide du choix de l'ECEPD

L'ECEPD peut être construit sous différentes formes qui ont évolué avec les changements de technologies et les exigences fonctionnelles. Le choix de l'ECEPD fait essentiellement intervenir une identification des exigences fonctionnelles pour l'installation de service qui remplit au mieux ces exigences.

Une telle exigence doit également prendre en compte la législation applicable et les règles de sécurité des utilisateurs.

Les Tableaux 3 à 5 résument les considérations pour la spécification des ECEPD.

8.1 Choix des valeurs assignées

Pour un niveau de service donné, l'ECEPD est choisi en considérant les valeurs assignées individuelles de ses composants requises par les conditions de charge normales et les conditions en cas de défaut.

8.2 Surcharge continue ou temporaire due à un changement des conditions de service

Le Paragraphe 8.2 de l'IEC 62271-1:2007 s'applique à l'unité fonctionnelle haute tension.

Dans le cas de conditions de charge variables, l'IEC 60076-7 pour l'unité fonctionnelle transformateur haute tension/basse tension immergé dans l'huile et l'IEC 60076-12 pour l'unité fonctionnelle de transformateur haute tension/basse tension de type sec s'appliquent.

Dans ces conditions changeantes, des interactions peuvent survenir entre les unités fonctionnelles et leurs limites d'échauffement, conformément à leurs normes individuelles, peuvent être même dépassées du fait des interactions entre elles. Ces interactions doivent être prises en compte lors du choix de l'ECEPD.

8.101 Choix de la classification d'arc interne

Lors du choix d'un ECEPD, il convient de prendre en compte de manière adéquate la probabilité de défauts internes, avec l'objectif d'assurer un niveau de protection acceptable pour les opérateurs et le public.

Cette protection est assurée en réduisant le risque à un niveau tolérable. Conformément au Guide ISO/IEC 51:2014, le risque est la combinaison de la probabilité d'un dommage et de sa gravité (Voir l'Article 4 du Guide ISO/IEC 51:2014 pour la notion de sécurité).

Par conséquent, il convient d'encadrer le choix d'un ECEPD approprié, en relation avec un défaut interne conduisant à un arc, par un mode opératoire de manière à atteindre un niveau de risque tolérable. Un tel mode opératoire est décrit dans l'Article 6 du

Guide ISO/IEC 51:2014. Ce mode opératoire repose sur l'hypothèse que l'utilisateur a un rôle à jouer dans la réduction des risques.

Le Tableau 1 sert de lignes directrices, en donnant une liste des emplacements où les défauts surviennent le plus souvent, recensés par expérience. Il donne également les causes possibles de défaillances et les mesures possibles pour réduire la probabilité de défauts d'arc interne. D'autres mesures peuvent être adoptées pour fournir le niveau de protection des personnes le plus élevé possible en cas d'arc interne. Ces mesures visent à limiter les conséquences externes d'un tel événement. Le Tableau 2 donne des exemples de mesures limitant les conséquences des défauts d'arc interne.

Pour les deux classes, il est important de comprendre que l'essai de classification d'arc interne (IAC) est associé à une configuration donnée de l'ECEPD en relation avec le type et la position de l'unité fonctionnelle transformateur haute tension/basse tension, de l'unité fonctionnelle haute tension et de l'unité fonctionnelle basse tension. Le résultat de l'essai dépend du type spécifique d'appareillage dans l'ECEPD. La décision d'une classification d'arc interne limite le libre choix de l'unité fonctionnelle haute tension dans l'ECEPD.

Tableau 1 – Emplacements, causes et exemples de mesures de diminution de la probabilité d'un arc dû à un défaut interne

(1)	(2)	(3)
Emplacements préférentiels où l'arc dû à un défaut interne peut s'amorcer	Causes possibles des défauts internes	Exemples de mesures préventives possibles
Compartiments câbles	Conception inadéquate	Choisir des dimensions adéquates. Utiliser des matériels appropriés.
	Installation défectueuse	Eviter de croiser les câbles. Contrôle de la main d'œuvre sur le site. Couple de serrage correct.
	Défaut d'isolement solide ou liquide (défaut ou manque d'isolant)	Contrôle de la main d'œuvre et/ou essai diélectrique sur le site. Vérification régulière du niveau des liquides, si applicable.
Sectionneurs Interrupteurs Sectionneurs de terre	Fausse manœuvre	Verrouillages. Réouverture retardée. Manœuvre manuelle indépendante. Pouvoir de fermeture sur court-circuit pour les interrupteurs et sectionneurs de terre. Instructions au personnel.
Connexions boulonnées et contacts	Corrosion	Utilisation de revêtements anticorrosion et/ou graisses. Utilisation de placage. Enrobage, si possible.
	Assemblage défectueux	Contrôle de la main d'œuvre par une méthode appropriée. Couple de serrage correct. Moyens de fixation appropriés.
Transformateurs de mesure	Ferro-résonance	Eviter ces influences électriques par une conception convenable des circuits
	Court-circuit côté basse tension pour les transformateurs de tension	Eviter les courts-circuits par des moyens appropriés, par exemple capots de protection, fusibles basse tension.
Disjoncteurs	Manque d'entretien	Entretien régulier sur programme.. Instructions au personnel.
Tous emplacements	Erreur commise par le personnel	Limitation d'accès par compartimentage. Enrobage isolant des parties actives. Instructions au personnel.

(1)	(2)	(3)
Emplacements préférentiels où l'arc dû à un défaut interne peut s'amorcer	Causes possibles des défauts internes	Exemples de mesures préventives possibles
	Vieillissement électrique	Essai individuel en décharge partielle.
	Pollution, humidité, pénétration de poussière, insectes, etc.	Mesures à prendre pour s'assurer que les conditions de service spécifiées sont respectées (voir Article 2). Utilisation de compartiments à remplissage de gaz.
	Surtensions	Protection contre la foudre. Coordination d'isolement convenable. Essais diélectriques sur site.
Interconnexions	Défaut d'isolement	Utilisation des distances d'isolement appropriées entre phases ainsi qu'entre phases et terre. Utilisation d'interconnexions isolées, à écran relié à la terre de préférence.

Tableau 2 – Exemples de mesures de limitation des conséquences d'un arc dû à un défaut interne

Durée de déclenchement très brève obtenue par détecteurs sensibles à la lumière, à la pression ou à l'échauffement ou par protection différentielle du jeu de barres.
Télécommande.
Dispositifs de décharge de pression, enveloppe résistante à la pression (incluant des appareils limiteurs de courant, des appareils éliminant les arcs, etc.).
Utilisation de protection de transformateur au moyen d'un disjoncteur séparé ou de fusibles appropriés associés à des appareils de connexion limitant le courant de passage et la durée du défaut.
Dispositifs de canalisation et de refroidissement du gaz (cheminées ou conduits limiteurs de pression, etc.).

Comme guide pour la sélection d'un ECEPD approprié au regard des défauts d'arc interne, il est possible d'utiliser les critères suivants:

- lorsque le risque lié à un défaut d'arc interne est considéré comme négligeable: un ECEPD de classe IAC-A et/ou IAC-B n'est pas nécessaire;
- lorsque le risque lié à un défaut d'arc interne est considéré comme significatif: il convient d'utiliser seulement un ECEPD de classe IAC-A et/ou IAC-B.

Pour le deuxième cas, il convient d'effectuer le choix en prenant en compte le niveau maximum prévisible du courant et la durée du défaut, par rapport aux valeurs assignées de l'équipement soumis à essai.

Les parties d'un ECEPD protégées par des appareils qui limitent la durée du défaut peuvent être soumises à essai avec ces appareils en fonctionnement puis, une fois l'essai réussi, être classifiées IAC pour la durée réelle de l'arc. Si les autres parties de l'ECPD sont assignées au niveau maximum de courant et de durée de défaut prévisible sur le réseau, il est admissible de profiter de la protection et d'utiliser l'ECPD dans cette application par accord entre l'utilisateur et le fabricant.

Il convient en outre de suivre les instructions d'installation du fabricant (voir l'Article 10).

La localisation du personnel pendant un arc interne est importante. Il convient que le fabricant indique quelles parties de l'ECEPD sont accessibles, en fonction de la disposition lors des essais, et il convient que l'utilisateur suive scrupuleusement les instructions. Autoriser le personnel à pénétrer dans un local non conçu pour être accessible peut entraîner des blessures du personnel.

La classification arc interne procure un niveau de protection des personnes validé dans les conditions normales d'utilisation comme indiqué au Paragraphe 6.101.1. Elle ne se rapporte pas à la protection du personnel dans des conditions de maintenance avec une continuité de service.

8.102 Informations

Les tableaux suivants fournissent un résumé des éléments à considérer pour la spécification des caractéristiques assignées des ECEPD.

Tableau 3 – Résumé des exigences techniques et valeurs assignées pour l'ECEPD – Conditions de service

Informations		Article/paragraphe du présent document	Référence	Exigences utilisateur selon le cas
Température de l'air ambiant:		2	IEC 62271-1:2007	
Moyenne	°C			
Minimale	°C			
Maximale	°C			
Radiations solaire	W/m ²		IEC 60721-2-4:1987	
Altitude	m		haute tension: IEC 62271-1:2007	
Pollution	Niveau		IEC TS 60815 (toutes les parties)	
Couche de glace			IEC 62271-1:2007	
Sable balayé par le vent			IEC 60721-2-2:2012	
Neige balayée par le vent			IEC 60721-2-2:2012	
Vent	m/s		IEC 62271-1:2007	
Condensation ou précipitations			IEC 60721-2-2:2012	
Vibrations			1)	
Risque de tremblements de terre			1)	
Risque d'autres vibrations			IEC 60721-1:1990	
Perturbation électromagnétique induite dans le réseau secondaire	Classe		IEC 62271-1:2007	
1) Pour l'unité fonctionnelle haute tension d'un ECEPD installé dans des zones sismiques, il convient que le niveau de sévérité selon l'IEC 62271-210:2013 soit spécifié par l'utilisateur.				

**Tableau 4 – Résumé des exigences techniques, valeurs assignées pour l'ECEPD –
Valeurs assignées de l'ECEPD (1 de 2)**

Informations		Article/paragraphe du présent document	Référence	Indication d'exigence par l'utilisateur selon le cas
Tensions assignées haute tension basse tension	kV V	4.1	IEC 60076-1:2011	
Tensions nominales haute tension basse tension	kV V	9.1		
Nombre de phases		9.1		
Type de mise à la terre neutre de haute tension Valeur maximale prévue du courant de défaut de terre	kA	9.1	Utilisateur	
Type de mise à la terre neutre de basse tension Valeur maximale prévue du courant de défaut de terre	kA	9.1	Utilisateur	
Puissance assignée et pertes totales de l'ECEPD	kVA kW	4.101	IEC 60076-1:2011	
Niveau de bruit	dB	Annexe BB	IEC 60076-10:2016	
Classification d'arc interne Côtés classifiés Accessibilité de type A Courant et durée du défaut Accessibilité de type B Courant et durée du défaut	IAC F/L/R kA, s kA, s	4.102		O/N
Niveaux d'isolement assignés Valeur commune Tenue à la tension de courte durée à fréquence industrielle Tenue à la tension de choc de foudre Sur la distance d'isolement haute tension: basse tension: Tenue à la tension de courte durée à fréquence industrielle Tenue à la tension de choc de foudre	kV ou V kV ou V kV ou V kV ou V kV ou V kV ou V kV ou V	4.2	IEC 60076-3:2013 IEC 62271-1:2007 IEC 61439-1:2011 IEC 60947-1:2007	
Fréquence assignée	Hz	4.3		

Tableau 4 (2 de 2)

Informations		Article/paragraphe du présent document	Référence	Indication d'exigence par l'utilisateur selon le cas
Courant normal assigné pour les circuits principaux haute tension: basse tension:	A A	4.4.1	IEC 62271-1:2007 IEC 61439-1:2011	
Courants de courte durée admissible assignés haute tension: basse tension: Circuit de mise à la terre:	kA kA kA	4.5	IEC 62271-1:2007 IEC 61439-1:2011 IEC 62271-1:2007	
Courants de valeur de crête assignés haute tension: basse tension: Circuit de mise à la terre:	kA kA kA	4.6	IEC 62271-1:2007 IEC 61439-1:2011 IEC 62271-1:2007	
Durées assignées de court-circuit haute tension: basse tension: Transformateur: Circuit de mise à la terre:	s s s s	4.7	IEC 62271-1:2007 IEC 61439-1:2011 IEC 60076-5:2006 IEC 60076-11:2004 IEC 62271-1:2007	
Tension assignée d'alimentation des dispositifs de fermeture et d'ouverture, et des circuits auxiliaires et de commande Fermeture et déclenchement: Indication: Commande:	haute tension basse tension V V V	4.8	IEC 62271-1:2007 IEC 61439-1:2011	
Fréquence assignée d'alimentation des dispositifs de fermeture et d'ouverture, et des circuits auxiliaires et de commande haute tension: basse tension:	 Hz Hz	4.9	IEC 62271-1:2007 IEC 61439-1:2011	
Échauffements de l'unité fonctionnelle transformateur haute tension/basse tension	K	4.4.2	IEC 60076-2:2011 IEC 60076-11:2004	

**Tableau 5 – Résumé des exigences techniques, valeurs assignées pour l'ECEPD –
Conception et construction de l'ECEPD**

ECEPD		Article/paragraphe du présent document	Référence	Indication d'exigence par l'utilisateur selon le cas
Degré de protection de l'unité fonctionnelle transformateur haute tension/basse tension pour une utilisation en intérieur Degré de protection de l'unité fonctionnelle transformateur haute tension/basse tension pour une utilisation en extérieur Degré de protection de l'unité fonctionnelle transformateur haute tension/basse tension de type sec Degré de protection des conducteurs et/ou des traversées exposés		5.13	IEC 60529:1989	
Type d'ECEPD Type des composants: appareillage haute tension appareillage basse tension Transformateur	G/A/I	CC.1	Utilisateur	
Puissance assignée et pertes totales de l'ECEPD Puissance Pertes en charge P_{cu} Perte à vide P_0 Courant à vide I_0 Impédance de court-circuit Echauffement Isolement	kVA W W A % K	4.101	IEC 60076-1:2011 IEC 60076-11:2004 IEC 60076-2:2011 IEC 60076-3:2013	
Matériaux des enveloppes		5.104	IEC 60076 (toutes les parties) IEC 62271-200:2011 IEC 62271-201:2014	
Traitement de la surface des enveloppes		9.1		
Energie d'impact mécanique	J	5.13	IEC 62271-1:2007	
Contraintes mécaniques exercées par charge de neige sur le toit charges sur le toit pression due au vent	N/m ² N/m ² N/m ²	5.101 9.1	IEC 62271-202:2014	

ECEPD		Article/paragraphe du présent document	Référence	Indication d'exigence par l'utilisateur selon le cas
Dimensions et masses		9.2		
Longueur	mm			
Largeur	mm			
Hauteur	mm			
Masse de chaque unité de transport	kg			
Masse totale de l'ECEPD	kg			

9 Renseignements à donner dans les appels d'offres, les soumissions et les commandes

L'Article 9 de l'IEC 62271-1:2007 ne s'applique pas.

Ce paragraphe énumère les informations qui sont nécessaires pour permettre à l'utilisateur d'effectuer une demande de renseignements appropriée pour un ECEPD et au fournisseur de donner une réponse adéquate à appel d'offres.

9.1 Renseignements dans les appels d'offres et les commandes

Pour une demande de renseignements ou une commande d'un ECEPD, il convient que l'étendue des éléments à fournir soit définie pour tous les équipements et les services. Cela peut inclure la formation, les études techniques et d'agencement et les exigences de coopération avec le fournisseur. Il convient que le demandeur fournisse les informations suivantes:

a) Les détails du réseau:

Tensions nominales et maximales, fréquence, types de mise à la terre neutre du réseau.

b) Conditions de service:

Température minimale et maximale de l'air ambiant; toutes conditions s'écartant des conditions normales de service ou nuisant au fonctionnement satisfaisant de l'équipement, tels qu'une altitude supérieure à 1 000 m, des variations rapides de température, du sable ou de la neige balayés par le vent, l'exposition inhabituelle à la vapeur, à l'humidité, aux fumées, aux gaz explosifs, à la poussière ou au sel en quantités excessives (par ex., provoquées par la pollution industrielle ou la circulation routière), le risque de tremblements de terre ou d'autres vibrations dues à des causes extérieures à l'équipement à livrer.

c) Détails et caractéristiques électriques de l'ECEPD:

- 1) tensions assignées;
- 2) puissance assignée de l'ECEPD;
- 3) fréquence assignée;
- 4) niveaux d'isolement assignés;
- 5) courants de courte durée admissibles assignés;
- 6) durée assignée de court-circuit (si différente de 1 s);
- 7) valeurs de crête des courants admissibles assignés;
- 8) valeurs assignées des unités fonctionnelles (unité fonctionnelle haute tension, unité fonctionnelle basse tension, unité fonctionnelle transformateur haute tension/basse tension et interconnexions);
- 9) nombre de phases;

- 10) types d'unités fonctionnelles (par exemple, appareillage isolé dans l'air ou dans un gaz, transformateur immergé dans un liquide);
- 11) schémas des circuits;
- 12) degré de protection des enveloppes et des cloisons, si elles existent;
- 13) matériaux et traitement de surface des enveloppes;
- 14) contraintes mécaniques (par ex., charges de neige, charges sur le toit, pression du vent, etc.);
- 15) dimensions maximales admissibles et exigences particulières affectant l'implantation des ECEPD (disposition générale);
- 16) courant de défaut de terre maximal attendu dépendant du régime de neutre des réseaux haute tension et basse tension utilisés ou des courants de court-circuit assignés à appliquer au(x) circuit(s) de terre;
- 17) classification arc interne (si elle existe), incluant la valeur du courant d'essai et la durée.

Au-delà de ces éléments, il convient que le demandeur indique toutes les conditions susceptibles d'influer sur la réponse à l'appel d'offres ou la commande, comme les conditions particulières de montage ou de construction (par exemple, proximité des parois environnantes, éléments pouvant affecter la ventilation, etc.), l'emplacement des connexions haute tension externes, les réglementations locales de protection contre l'incendie et le bruit, et la durée de vie prévue. Il convient de fournir des informations si des essais de type spéciaux sont requis. Des conditions spéciales en cas d'installation dans une usine (par exemple, installation dans des locaux accessibles aux employés, existence de locaux non protégés en cas d'arc interne au-dessus ou en dessous du lieu d'installation de l'ECEPD dans lesquels les employés peuvent séjourner ou se déplacer, etc.).

9.2 Renseignements pour les soumissions

Il convient que les renseignements suivants soient fournis par le constructeur, en même temps que les descriptifs et les plans:

- a) les valeurs et caractéristiques assignées telles qu'énumérées aux points b) et c) en 9.1;
- b) la liste des essais de type, et les certificats ou rapports correspondants sur demande, en incluant la justification du choix des essais d'arc interne pour IAC-A et/ou IAC-B, le cas échéant;
- c) les caractéristiques de construction, par exemple:
 - 1) masse de chaque unité de transport;
 - 2) masse totale de l'ECEPD;
 - 3) encombrement et implantation (dispositions générale) de l'ECEPD;
 - 4) information relative à la disposition des connexions externes;
 - 5) exigences de transport et d'installation;
 - 6) renseignements relatifs au fonctionnement et à l'entretien;
 - 7) renseignements requis par la norme applicable des matériels;
 - 8) distances minimales recommandées autour de l'ECEPD;
 - 9) volume du réservoir de rétention des fluides (s'il existe);
 - 10) côtés accessibles et instructions d'installation particulières pour empêcher l'accès à l'unité fonctionnelle transformateur haute tension/basse tension dans le cas d'un ECEPD accessible au public (cas spécial d'installation dans une usine);
 - 11) type du réservoir à gaz ou à liquide;
 - 12) niveau de remplissage spécifié et niveau minimal de fonctionnement.
- d) liste des pièces de rechange recommandées qu'il convient que l'utilisateur se procure sur demande;

- e) les caractéristiques appropriées des unités fonctionnelles de l'ECEPD, et, le cas échéant, le traitement de surface ou le revêtement des enveloppes, ainsi que les essais effectués pour évaluer les performances dans les conditions environnementales spécifiées;
- f) déclaration indiquant que l'ECEPD est conforme au présent document.

10 Règles de transport, d'installation, de manœuvre et de maintenance

L'Article 10 de l'IEC 62271-1:2007 ne s'applique pas.

Il est essentiel que le transport, le stockage et la construction de l'ECEPD ou de ses unités de transport, ainsi que leur fonctionnement et leur maintenance en service, soient effectués conformément aux instructions données par le fabricant.

Il convient par conséquent que le fabricant fournisse des instructions pour le transport, le stockage, la construction, la manœuvre et la maintenance d'un ECEPD. Il convient de donner les instructions de transport et de stockage à un moment opportun avant la livraison, et les instructions de construction, de manœuvre et de maintenance au moment de la livraison au plus tard.

Les normes appropriées pour les différents composants définissent les règles particulières pour leur transport, leur construction, leur fonctionnement et leur maintenance, et il convient d'inclure celles-ci dans les instructions générales pour l'ECEPD, s'il y a lieu.

Les informations suivantes sont fournies afin de compléter ces instructions par les instructions supplémentaires les plus importantes à fournir par le fabricant de l'ECEPD.

10.1 Conditions à respecter pendant le transport, le stockage et l'installation

Il convient de conclure un accord particulier entre le fabricant et l'utilisateur si les conditions de service spécifiées dans la commande ne peuvent pas être garanties pendant le transport, le stockage et l'installation. En particulier, il convient de donner des instructions pour protéger l'isolation de l'absorption excessive d'humidité ou d'une pollution irréversible, si les conditions environnementales avant la mise sous tension sont telles que les enveloppes ne peuvent pas fournir une protection appropriée.

Il pourrait également s'avérer nécessaire de fournir des instructions et/ou de fournir des éléments spécifiques pour sécuriser les composants afin d'éviter tout dommage dû à des vibrations ou à des chocs prévisibles en cours le transport.

10.2 Installation

Pour chaque type d'ECEPD, il convient d'inclure au moins les points suivants dans les instructions fournies par le fabricant.

10.2.1 Déballage et manutention

Il convient d'étiqueter sur l'équipement la masse de chaque unité de transport, ainsi que les détails de tous les appareils de levage spéciaux nécessaires pour un levage et une manutention en toute sécurité.

10.2.2 Assemblage

Les ECEPD sont en principe transportés entièrement assemblés. Il n'est par conséquent pas nécessaire d'effectuer l'assemblage lors de l'installation sur site. Toutefois, si par accord entre le fabricant et l'utilisateur l'ECEPD n'est pas entièrement assemblé pour le transport, il convient de clairement repérer toutes les unités de transport et de fournir des illustrations montrant l'assemblage de ces unités.

10.2.3 Montage

Il convient que le fabricant fournisse toutes les informations nécessaires à l'achèvement des préparatifs du site, par exemple:

- travaux de génie civil requis;
- bornes de mise à la terre externes;
- position des entrées des câbles;
- distances minimales recommandées autour de l'ECEPD.

NOTE L'ECEPD peut être utilisé pour l'alimentation électrique dans des usines. Dans de telles installations, il est probable que des employés non impliqués dans le fonctionnement de l'ECEPD (public) viennent dans le voisinage, à côté, au-dessus ou en dessous de l'ECEPD, par ex. si l'ECEPD est installé sous un escalier métallique ajouré. Dans ce cas, un accès à l'ECEPD par le dessus ou par le dessous est envisagé.

10.2.4 Inspection finale de l'installation

En principe, il convient que le fabricant fournisse les instructions pour l'inspection et les essais de l'ECEPD après son installation et sa connexion; et il convient que celles-ci incluent au moins une liste des essais recommandés, à effectuer sur site.

10.3 Fonctionnement

Outre les instructions de fonctionnement particulières de chaque composant, il convient que le fabricant fournisse les informations supplémentaires suivantes, afin que l'utilisateur puisse acquérir une compréhension appropriée des principes essentiels en jeu:

- une description des aspects de sécurité de l'ECEPD, et une liste de tous les moyens ou outils spéciaux fournis à des fins de sécurité, ainsi que leurs instructions d'utilisation;
- le fonctionnement des verrouillages et des équipements cadenassables;
- lorsque des fluides sont utilisés dans l'ECEPD, dans la mesure du possible, il convient de fournir les instructions pour permettre à l'utilisateur de
 - réduire au minimum le taux de fuite,
 - contrôler la manipulation des fluides neufs et usagés.

10.4 Maintenance

Le fabricant doit fournir un manuel de maintenance, contenant au moins les informations suivantes:

- les instructions de maintenance complètes pour les principaux composants, telles que requises dans les normes appropriées;
- les instructions de maintenance, si elles existent, pour les enveloppes, incluant la fréquence et le mode opératoire de maintenance.

10.5 Démontage, recyclage et élimination en fin de vie

Le fabricant doit fournir les informations appropriées pour permettre à l'utilisateur final d'effectuer le démontage, le recyclage et l'élimination de l'ECEPD en fin de vie.

11 Sécurité

L'Article 11 de l'IEC 62271-1:2007 s'applique à l'unité fonctionnelle haute tension avec les ajouts suivants.

Un ECEPD fournit le niveau de protection spécifié aux opérateurs et au public uniquement lorsqu'il est installé et utilisé conformément aux instructions du fabricant. De plus, l'utilisateur

peut mettre en place des modes opératoires spécifiques pour l'installation et le fonctionnement.

Les aspects liés à la sécurité des unités fonctionnelles sont couverts par les normes appropriées.

Les paragraphes suivants du présent document décrivent des caractéristiques supplémentaires protégeant les opérateurs et le public de différents dangers:

11.101 Aspects électriques

- Mise à la terre (contact indirect) (voir 5.3).
- Degré de protection (contact direct) (voir 5.13 et 6.7.1).

11.102 Aspects mécaniques

- Degré de protection (voir 5.13 et 6.7).
- Contraintes mécaniques (voir 5.101 et 6.7.2).

11.103 Aspects thermiques

- Température maximale des parties accessibles (voir 6.5.5.6).

11.104 Aspects liés aux arcs internes

- Défaut d'arc interne (voir 5.103).

12 Influence du produit sur l'environnement

L'Article 12 de l'IEC 62271-1:2007 s'applique avec l'ajout suivant:

Les paragraphes suivants du présent document contiennent des dispositions pour protéger l'environnement de toute nuisance éventuelle de l'ECEPD:

- fonctionnement (voir 10.3);
- démontage, recyclage et élimination en fin de vie (voir 10.5).

Annexe AA (normative)

Méthode d'essai de l'ECEPD en conditions d'arc dues à un défaut d'arc interne

AA.1 Généralités

Cette annexe s'applique aux ECEPD avec classification IAC.

Pour les besoins de la présente annexe, les conditions de fonctionnement normal représentent les conditions d'un ECEPD requises pour effectuer des opérations telles que l'ouverture ou la fermeture des appareils de connexion haute et basse tension, la lecture des instruments de mesure et des équipements de surveillance, etc. Par conséquent, si pour effectuer de telles opérations un capot doit être retiré et/ou une porte doit être ouverte, l'essai d'arc interne doit être effectué avec le capot retiré et/ou la porte ouverte. Le changement ou le remplacement des fusibles HPC haute tension n'est pas considéré comme une opération normale.

AA.2 Local d'essai

Il convient que les essais d'arc interne ayant pour but de vérifier la protection des opérateurs soient effectués dans une pièce simulant le local de service électrique, dans la mesure où les conditions ne sont pas moins contraignantes quant à la direction de l'écoulement gazeux, à la robustesse de l'enveloppe et au système limiteur de pression. Tous les autres composants ou un élément de remplacement valide peuvent être utilisés, dans la mesure où ils sont installés comme en service.

- a) ECEPD conçu pour une installation à l'intérieur. L'essai doit être effectué dans un local simulé en suivant les principes décrits en AA.1.1 de l'IEC 62271-200:2011 ou en AA.1 de l'IEC 62271-201:2014.
- b) ECEPD conçu pour une installation à l'extérieur. Dans ce cas, aucune simulation de local autour de l'ECEPD n'est requise pour les essais d'arc interne destinés à vérifier le degré de protection fourni à l'extérieur de l'équipement. Toutefois, lorsque le sol autour de l'ECEPD est supposé contribuer aux performances de l'ECEPD, une simulation de la surface du sol peut être nécessaire.

Dans tous les cas, si le fabricant prétend que la conception de l'ECEPD requiert que les voies d'accès des câbles et/ou tout autre dispositif additionnel de conduit d'échappement est nécessaire pour évacuer les gaz générés durant l'arc dû à un défaut interne, les conditions d'installation spécifiées par le fabricant devront être reproduites, et en particulier les dispositifs, le cas échéant, dirigeant et refroidissant les gaz chauds évacués par l'unité fonctionnelle haute tension.

Cette exigence doit être clairement indiquée, en particulier dans le Manuel d'instructions (voir l'Article 10), pour que la classification IAC soit valide.

AA.3 Indicateurs (pour évaluer les effets thermiques des gaz)

AA.3.1 Généralités

Les indicateurs sont des morceaux de tissu en coton noir, disposés de telle façon que leurs bords ne soient pas dirigés vers l'objet en essai.

De la cretonne noire (tissu coton de 150 g/m² environ) doit être utilisée pour les indicateurs pour l'accessibilité de type A. Du linon coton noir (40 g/m² environ) doit être utilisé pour les indicateurs pour l'accessibilité de type B.

Des précautions doivent être prises pour que les indicateurs verticaux ne puissent pas s'enflammer mutuellement. Cela peut être obtenu en les plaçant dans des cadres de montage en tôle d'acier, avec une profondeur de 2 × 30 mm ($^{+0}_{-3}$ mm), se référer à la Figure AA.1.

Pour les indicateurs horizontaux, il faut éviter que des particules incandescentes puissent s'accumuler. Cela peut être obtenu en montant les indicateurs sans cadre, se référer à la Figure AA.2.

Les dimensions de l'indicateur doivent être de 150 mm × 150 mm ($^{+15}_{-0}$ mm).

AA.3.2 Agencement des indicateurs

Les indicateurs doivent être installés verticalement sur chaque côté classifié de l'ECEPD, en faisant face à tous les points où du gaz peut être émis (par ex., joints, fenêtres d'inspection, portes), jusqu'à 2 m au-dessus du sol organisés en damier couvrant 40 % à 50 % de la surface.

Le bâti de montage doit être plus long que la zone correspondante à soumettre aux essais afin de prendre en compte la possibilité d'échappement de gaz chauds à des angles pouvant atteindre 45° à partir de la surface soumise à essai. Cela signifie que le cadre de montage doit être plus long de 100 mm des deux côtés que l'objet soumis à essai en cas d'accessibilité de type B, ou de 300 mm des deux côtés en cas d'accessibilité de type A, dans la mesure où l'agencement des essais ne limite pas cette extension.

NOTE 1 Dans tous les cas, la distance des indicateurs installés verticalement à l'objet soumis à essai est mesurée depuis une surface virtuelle qui enveloppe l'objet soumis à essai, en négligeant les éléments protubérants (par ex., poignées, cadre de l'appareil, etc.). En tenant compte du fait que cette surface virtuelle ne sera probablement pas régulière, les indicateurs sont placés pour simuler de façon aussi réaliste que possible la position qu'un opérateur ou qu'une personne peut habituellement adopter devant l'équipement, à la distance indiquée, selon le type d'accessibilité.

a) Essai de vérification du niveau de protection des opérateurs. Accessibilité de type A (accessibilité restreinte)

Lors d'un essai d'arc interne dans l'unité fonctionnelle haute tension (voir Figure AA.3), l'agencement des indicateurs doit respecter les exigences de l'Annexe AA de l'IEC 62271-200:2011 ou l'IEC 62271-201:2014 pour l'accessibilité de type A.

Lors d'un essai d'arc interne sur une interconnexion haute tension (voir Figure AA.3), les indicateurs doivent être placés sur tout côté accessible, à 300 mm de la position la plus proche que l'opérateur peut atteindre dans des conditions de fonctionnement normal.

NOTE 2 Normalement, il convient qu'une barrière ou un obstacle procure une «mise hors de portée» dans le cas d'un conducteur ou d'une connexion à l'air libre.

Les indicateurs doivent également être disposés horizontalement à une hauteur de 2 m au-dessus du sol comme décrit dans la Figure AA.3 et recouvrir toute la surface comprise entre 300 mm et 800 mm de l'ECEPD. Les indicateurs doivent être répartis uniformément et disposés en damier, en couvrant 40 % à 50 % de la surface.

Lorsque la conception de l'ECEPD inclut un espace sous le sol pour recevoir les gaz d'échappement, le comportement du sol doit être évalué du point de vue de la sécurité de l'opérateur stationnant dessus. Deux situations sont envisagées:

- si la conception et la construction du sol rendent possible le déplacement de certaines de ses pièces ou permettent aux gaz d'échappement de s'échapper au travers des ouvertures ou des joints, un autre bâti horizontal avec des indicateurs doit être placé à une distance de 100 mm du sol (voir Figure AA.5);
- dans les autres cas, ce bâti horizontal n'est pas nécessaire.

- b) Essai pour montrer le niveau de protection du public. Accessibilité de type B (accessibilité illimitée)

Les indicateurs doivent être installés verticalement sur tous les côtés accessibles de l'ECEPD jusqu'à 2 m au-dessus du sol. Si la hauteur réelle de l'ECEPD est inférieure à 1,9 m, les indicateurs verticaux doivent être installés à une hauteur de 100 mm au-dessus de l'objet soumis à essai (voir Figure AA.4)).

Les indicateurs doivent être répartis uniformément et disposés en damier, en couvrant 40 % à 50 % de la surface.

La distance entre les indicateurs et l'ECEPD doit être de $100 \text{ mm} \pm 5 \text{ mm}$.

Si la hauteur de l'ECEPD est supérieure à 2 m, les indicateurs doivent également être disposés horizontalement à une hauteur au-dessus du sol comme décrit dans la Figure AA.4) et recouvrir toute la surface comprise entre 100 mm et 800 mm de l'ECEPD.

Si la hauteur de l'ECEPD est inférieure à 2 m, les indicateurs doivent être placés différemment, en damier, au-dessus de l'équipement, si l'endroit est accessible, à une distance de $100 \text{ mm} \pm 5 \text{ mm}$. Pour un ECEPD d'une hauteur inférieure à 800 mm, toute la surface supérieure doit être recouverte.

Lorsque la conception de l'ECEPD inclut un espace sous le sol pour recevoir les gaz d'échappement, le comportement du sol doit être évalué du point de vue de la sécurité du public stationnant dessus. Deux situations sont envisagées:

- si la conception et la construction du sol rendent possible le déplacement de certaines de ses pièces ou permettent aux gaz d'échappement de s'échapper au travers des ouvertures ou des joints, un autre bâti horizontal avec des indicateurs doit être placé à une distance de 100 mm du sol (voir Figure AA.6);
- dans les autres cas, ce bâti horizontal n'est pas nécessaire.

AA.4 Tolérances pour les dimensions géométriques des agencements d'essai

Résumé des tolérances pour les dimensions géométriques des agencements d'essai telles que données dans le texte (les valeurs indiquées ici entre parenthèses représentent les tolérances uniquement pour l'agencement d'essai réel et n'étendent pas les valeurs requises):

- dimensions des indicateurs: $0/+15 \text{ mm}$;
- profondeur du cadre en acier pour les indicateurs: $-3/0 \text{ mm}$;
- hauteur des indicateurs $\pm 50 \text{ mm}$;
- distance entre l'objet soumis à essai et les indicateurs;
 - accessibilité de type A $\pm 30 \text{ mm}$;
 - accessibilité de type B $\pm 5 \text{ mm}$.

AA.5 Paramètres d'essai

L'Article AA.4 de l'IEC 62271-200:2011 ou l'Article AA.4 de l'IEC 62271-201:2014 s'applique.

AA.6 Procédure d'essai

Les procédures et le nombre d'essais sur l'unité fonctionnelle haute tension varient selon que l'appareillage dispose ou non d'une classification IAC, selon l'IEC 62271-200:2011. Les Figures AA.4 et AA.5 présentent les critères de sélection pour le compartiment haute tension à soumettre à essai.

Les procédures et le nombre d'essais sur l'interconnexion haute tension dépendent du type de protection du transformateur dans l'appareillage et du type d'interconnexion. Les Figures AA.6 et AA.7 présentent les critères de sélection pour l'interconnexion haute tension à soumettre à essai.

Les essais d'arc interne traitant le cas d'un défaut à l'intérieur de l'unité fonctionnelle haute tension doivent être effectués conformément à l'Annexe AA de l'IEC 62271-200:2011 pour la classe IAC d'un appareillage sous enveloppe métallique, y compris pour le point d'amorçage de l'arc.

Les essais traitant le cas d'un défaut dans l'interconnexion haute tension doivent être effectués en suivant, si applicables, les dispositions de l'Annexe AA de l'IEC 62271-200:2011 ou l'IEC 62271-201:2014.

Le point d'amorçage doit être placé à l'endroit accessible le plus éloigné de l'alimentation. Le sens d'alimentation doit être en conformité avec la circulation d'énergie normale prévue en service.

Pour chaque type d'accessibilité d'un ECEPD, l'amorçage d'un arc triphasé dans le compartiment de connexion de l'unité fonctionnelle haute tension est obligatoire (voir Figures AA.7 et AA.8). De plus, par accord entre le fabricant et l'utilisateur, l'amorçage d'un arc peut être réalisé dans les autres compartiments de l'unité fonctionnelle haute tension.

Les essais d'arc interne sur les interconnexions haute tension avec blindage métallique isolé et conducteur de mise à la terre soumises à des essais de type ne sont pas obligatoires (voir Figures AA.6 et AA.7). Toutefois, un essai non obligatoire peut être convenu entre le fabricant et l'utilisateur. Dans ce cas, le Paragraphe AA.5.2.3.1 de l'IEC 62271-200:2011 s'applique.

Les essais d'arc interne doivent être effectués sur des interconnexions haute tension à isolation solide équipées de connexions isolées conformément à l'IEC 60050-461:2008, 461-10-16 ou 461-10-21.

Dans le cas d'un équipement dépourvu d'unité fonctionnelle haute tension et disposant de câbles entrants directement et connectés aux traversées de l'unité fonctionnelle transformateur haute tension/basse tension, les essais doivent être effectués comme suit:

- un essai triphasé en cas de connexions non isolées ou installées avec une isolation solide réalisée sur site;
- un essai monophasé ou biphasé en cas de connecteurs séparables isolés. Pour l'essai phase-terre, la valeur du courant est à indiquer par le fabricant. Pour l'essai biphasé, le courant doit représenter 87 % du courant de courte durée assigné.

Dans le cas où des éléments supports fusibles sont utilisés comme unique unité fonctionnelle haute tension, un essai triphasé doit être effectué du côté alimentation des supports fusibles.

Les modes opératoires d'essai et le nombre d'essais sur les interconnexions dépendent du type de protection du transformateur dans l'appareillage et du type d'interconnexion. Les Figures AA.9 et AA.10 montrent les principes de sélection des essais à effectuer.

AA.7 Désignation de la classification arc interne

Lorsque la classe IAC-A, IAC-B ou IAC-AB est établie par les essais, conformément au Paragraphe 6.101, l'ECEPD doit être désigné comme suit:

- de façon générale: classe IAC (initiales d'Internal Arc Classified (classifié arc interne) du côté haute tension);
- de classe A si la protection de l'opérateur est démontrée;
- de classe B si la protection du public est démontrée;
- de classe AB si la protection des opérateurs et du public est démontrée;
- F, L, R: côtés accessibles;
- caractéristiques assignées d'essai: valeur efficace du courant d'essai en kA, et durée en seconde(s).

EXEMPLE 1

Un ECEPD soumis à essai avec un courant de défaut (efficace) de 16 kA pendant 0,5 s soumis à essai pour la protection des opérateurs (4.102), accessible de tous les côtés.

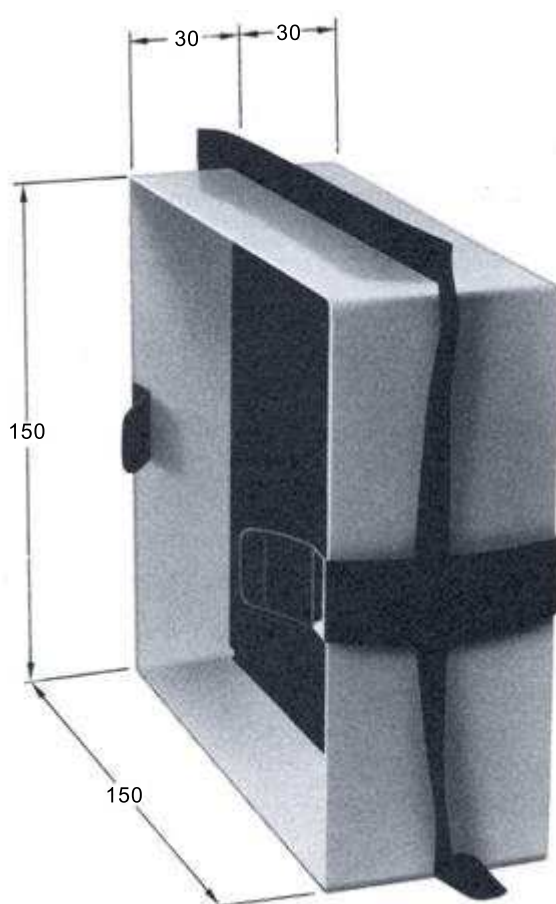
Désignation: Classe IAC-AFLR – 16 kA – 0,5 s.

EXEMPLE 2

Un ECEPD soumis à essai avec un courant de défaut (efficace) de 12,5 kA pendant 1 s soumis à essai pour la protection du public (4.102), accessible uniquement par la face avant.

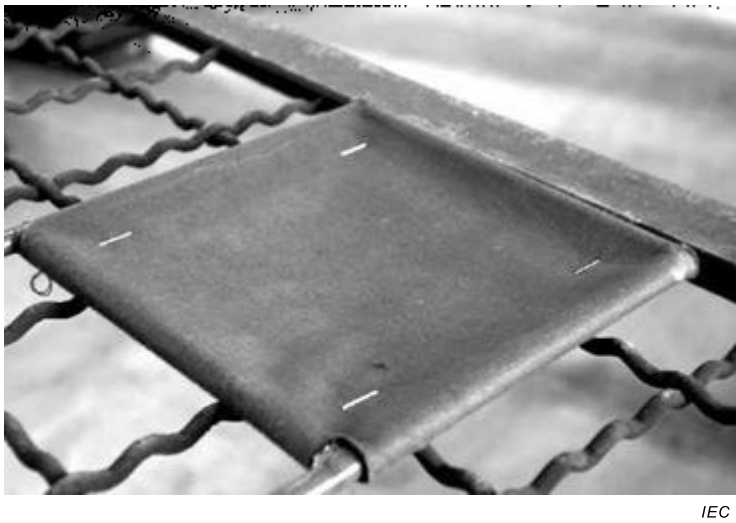
Désignation: Classe IAC-BF- 12,5 kA – 1 s.

Dimensions en millimètres



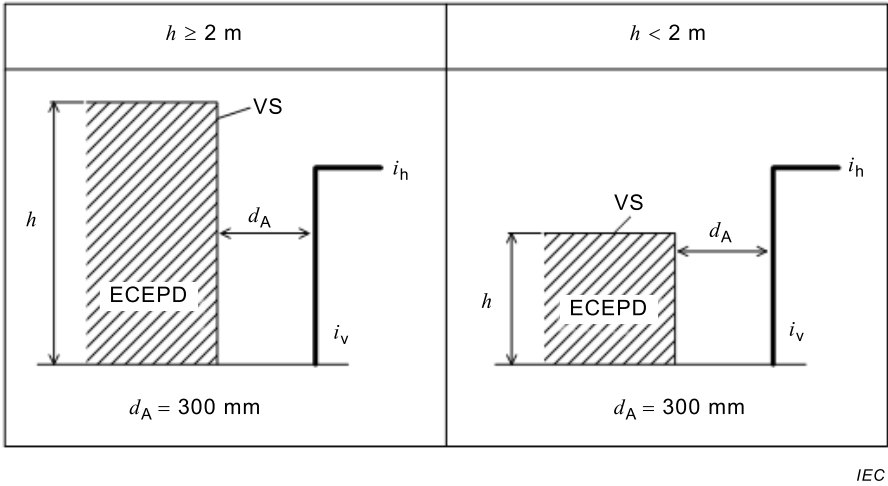
IEC

Figure AA.1 – Cadre de montage pour les indicateurs verticaux



IEC

Figure AA.2 – Indicateurs horizontaux

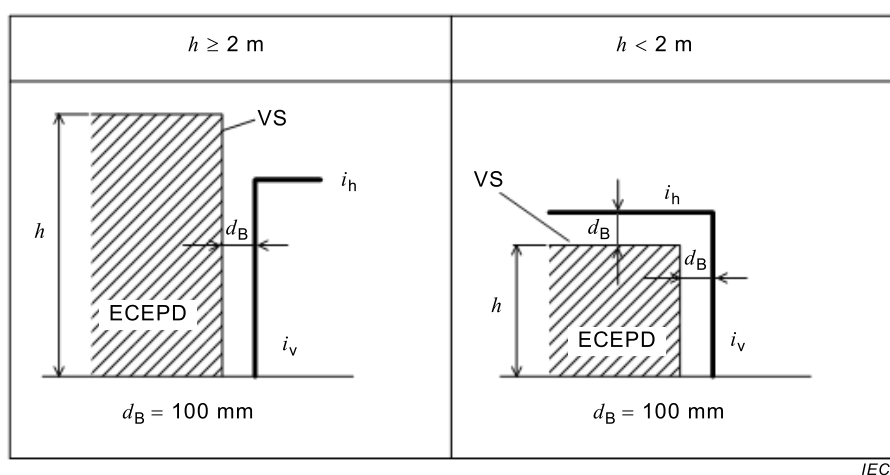


IEC

Légende

- i_h est la position des indicateurs horizontaux;
- i_v est la position des indicateurs verticaux;
- h est la hauteur de l'ECEPD;
- d_A est la distance horizontale des indicateurs à l'ECEPD (côté(s) classifié(s)).
- VS est la surface virtuelle qui enveloppe l'ECEPD.

Figure AA.3 – Protection des opérateurs devant le(s) côté(s) classifié(s) de l'ECEPD

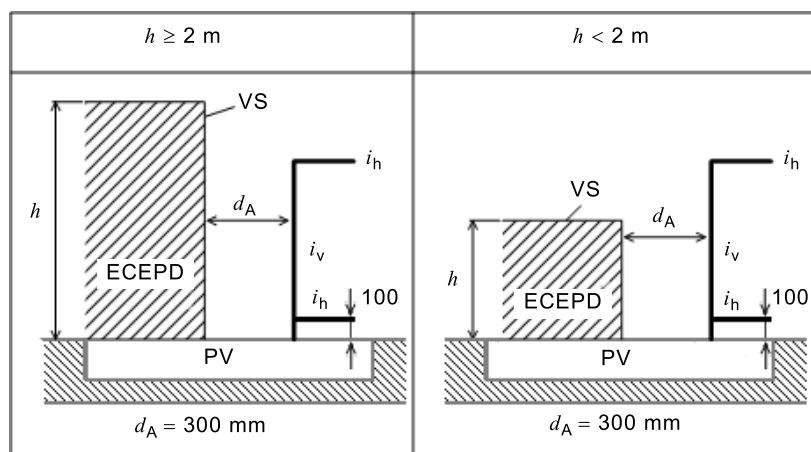


IEC

Légende

- i_h est la position des indicateurs horizontaux;
 i_v est la position des indicateurs verticaux;
 h est la hauteur de l'ECEPD;
 d_B est la distance horizontale des indicateurs à l'ECEPD;
VS est la surface virtuelle qui enveloppe l'ECEPD.

Figure AA.4 – Protection du public autour de l'ECEPD

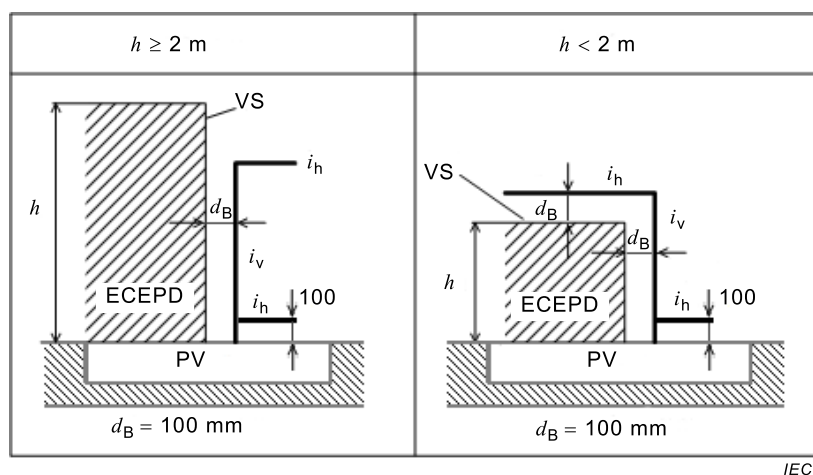


IEC

Légende

- i_h est la position des indicateurs horizontaux;
 i_v est la position des indicateurs verticaux;
 h est la hauteur de l'ECEPD;
 d_A est la distance horizontale des indicateurs à l'ECEPD (côté(s) classifié(s));
PV est le volume limiteur de pression pour l'évacuation des gaz.
VS est la surface virtuelle qui enveloppe l'ECEPD.

Figure AA.5 – Protection des opérateurs devant le(s) côté(s) classifié(s) de l'ECEPD avec un volume limiteur de pression sous le sol

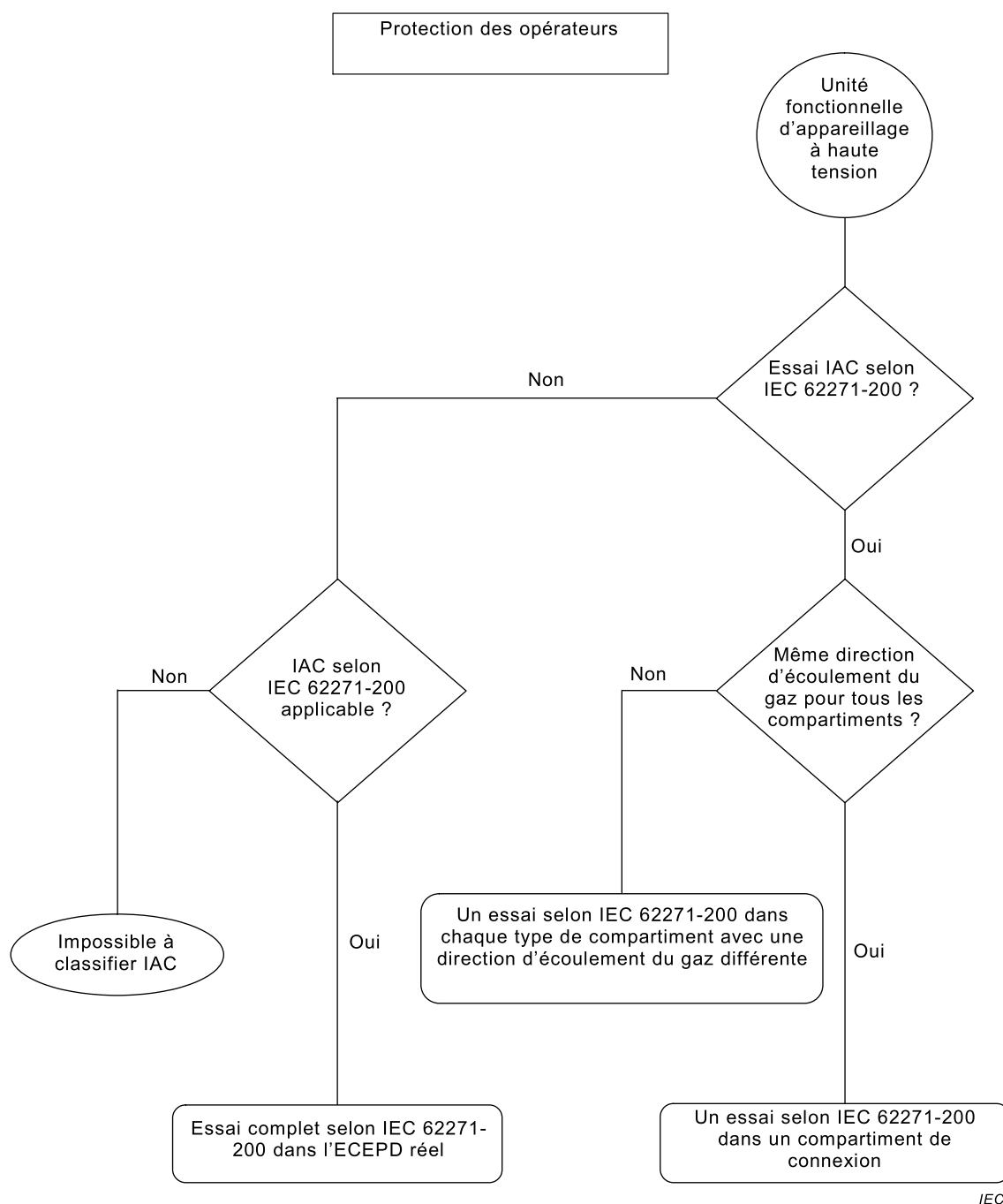


IEC

Légende

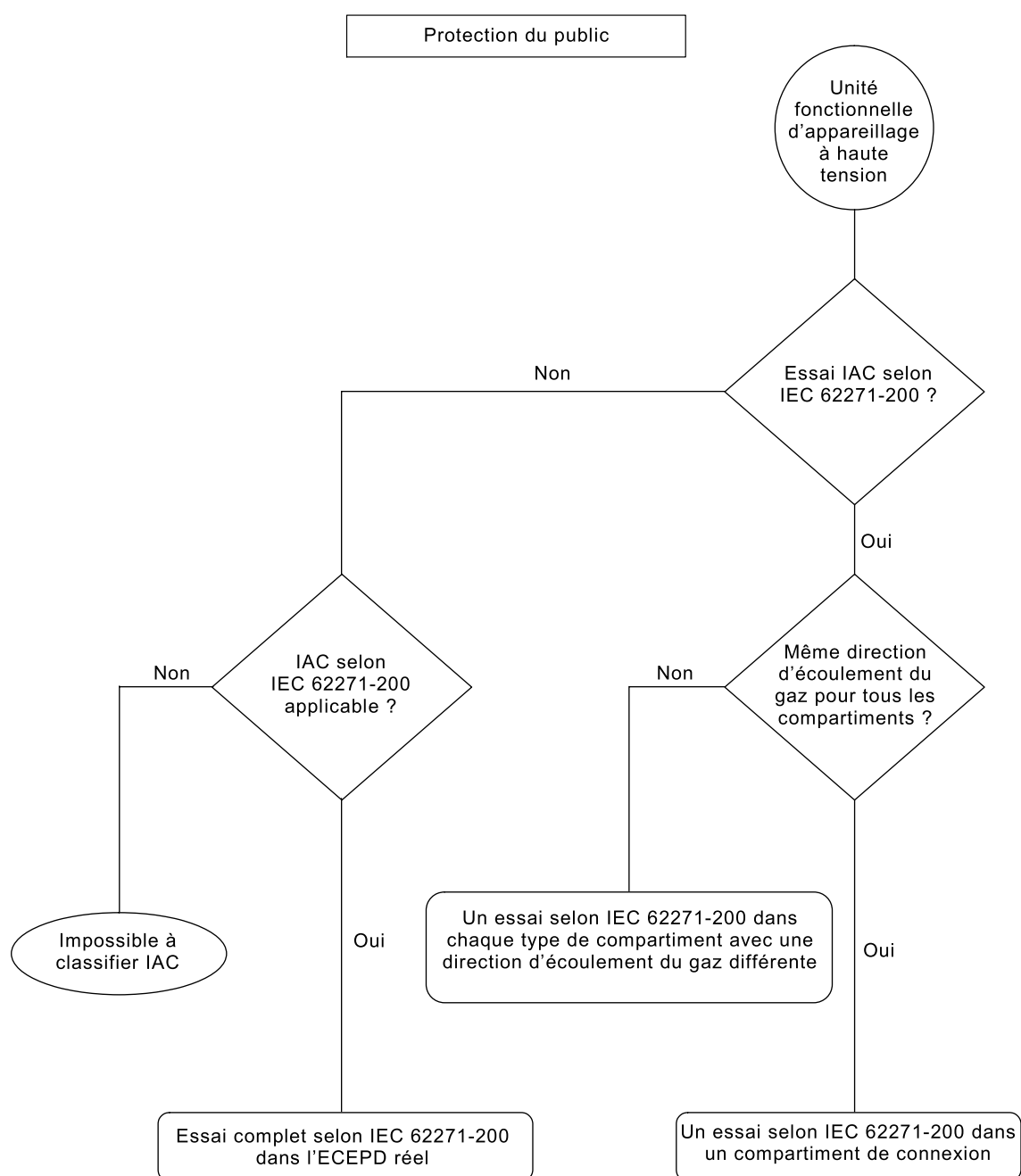
- i_h est la position des indicateurs horizontaux;
- i_v est la position des indicateurs verticaux;
- h est la hauteur de l'ECPD;
- d_B est la distance horizontale des indicateurs à l'ECPD;
- VS est la surface virtuelle qui enveloppe l'ECPD;
- PV est le volume limiteur de pression pour l'évacuation des gaz.

Figure AA.6 – Protection du public autour de l'ECPD avec un volume limiteur de pression sous le sol



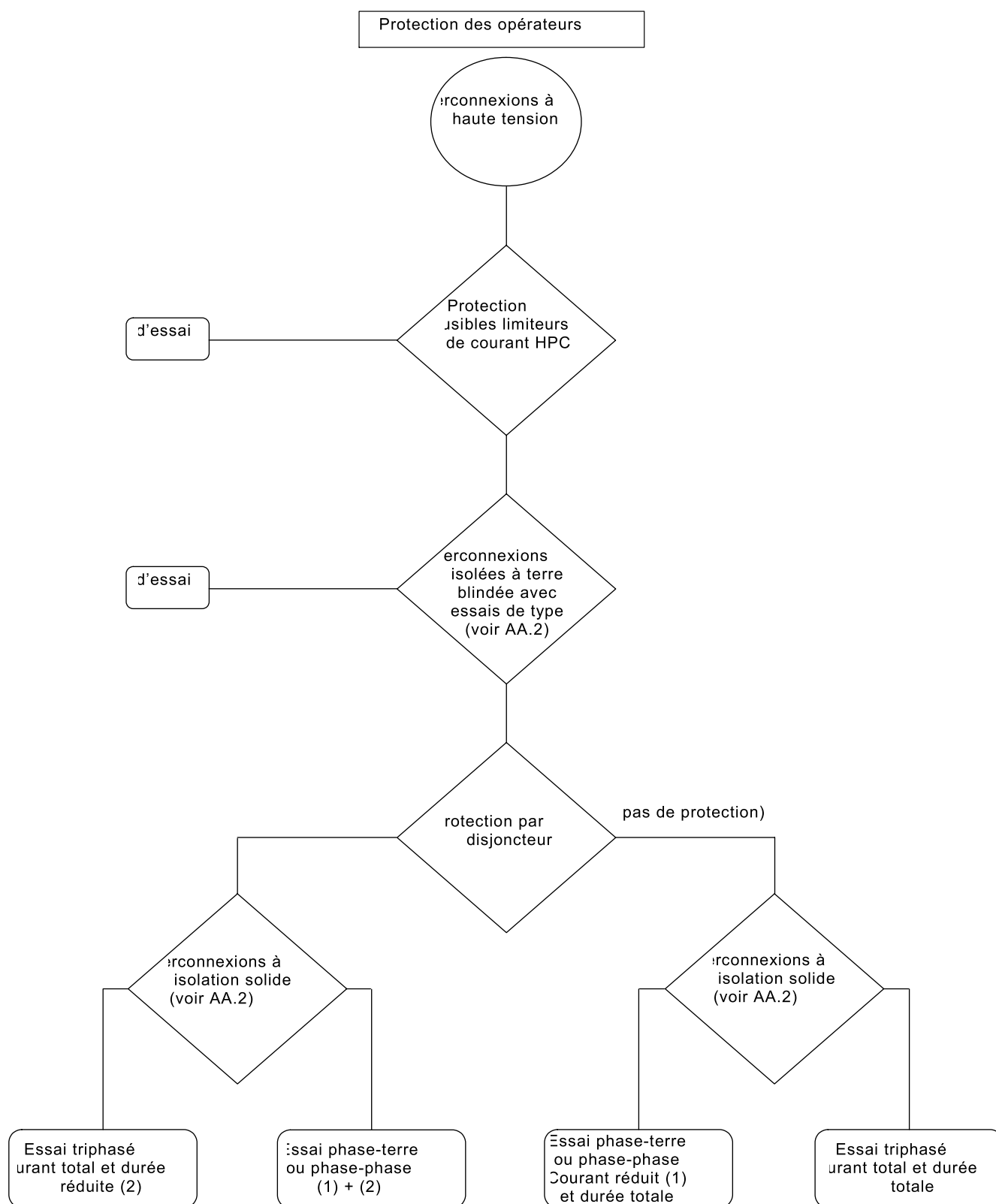
IEC

Figure AA.7 – Sélection des essais sur l'appareillage haute tension pour la classe IAC-A



IEC

Figure AA.8 – Sélection des essais sur l'appareillage haute tension pour la classe IAC-B



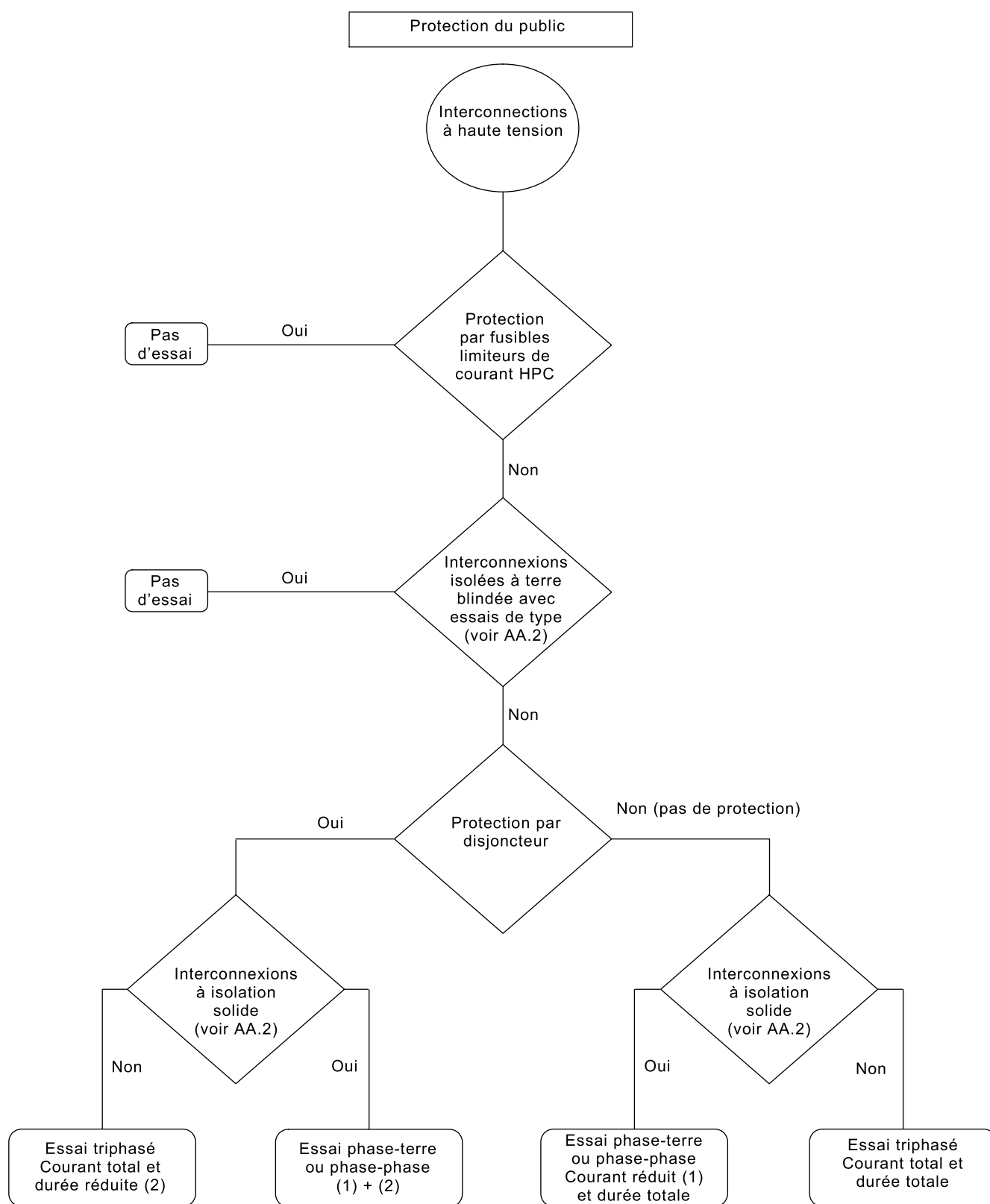
(1) IEC 62271-200:2011.

* Pour l'essai phase-terre, la valeur du courant doit être indiquée par le fabricant.

* Pour l'essai phase-phase, le courant doit représenter 87 % du courant de courte durée assigné.

(2) Le temps peut être indiqué par les fabricants, en tenant compte du paramétrage temporel de la protection.

Figure AA.9 – Sélection des essais sur l'interconnexion haute tension pour la classe IAC-A



(1) Applicabilité de l'essai phase-terre ou phase-phase selon les critères en AA.5.2.1 de l'IEC 62271-200:2011.

* Pour l'essai phase-terre, la valeur du courant doit être indiquée par le fabricant.

* Pour l'essai phase-phase, le courant doit représenter 87 % du courant de courte durée assigné.

(2) Le temps peut être indiqué par les fabricants, en tenant compte du paramétrage temporel de la protection.

Figure AA.10 – Sélection des essais sur l'interconnexion haute tension pour la classe IAC-B

Annexe BB (normative)

Essai pour vérifier le niveau de bruit d'un ECEPD

BB.1 Objectif

Cet essai a pour objectif de mesurer le niveau de bruit d'un ECEPD donné à vide. Il est attendu que l'unité fonctionnelle transformateur haute tension/basse tension soit la principale source de bruit. Toutefois, même dans le cas où l'unité fonctionnelle transformateur haute tension/basse tension est fabriquée sous la forme d'un transformateur individuel conformément à l'IEC 60076 (toutes les parties), l'essai pourrait être considéré comme pertinent car les autres composants de l'ECEPD pourraient modifier le niveau de bruit du transformateur ou l'augmenter de façon importante par un phénomène de résonance.

NOTE Le niveau de bruit à pleine charge peut être pris en considération par exigence spéciale.

Les valeurs d'essai sont uniquement valides pour l'ensemble soumis à essai à la tension et à la fréquence de fonctionnement assignées.

BB.2 Objet soumis à essai

L'ECEPD soumis à essai doit être entièrement assemblé, constitué de tous les accessoires et équipements.

BB.3 Méthode d'essai

L'essai doit être effectué conformément à l'IEC 60076-10:2016. L'IEC 60076-10:2016 définit la méthode d'essai et le calcul d'un niveau de bruit pondéré A sur un contour prédéfini autour du transformateur.

La même méthode doit être utilisée pour les mesures sur l'ECEPD lorsqu'une surface virtuelle enveloppant l'ensemble (à l'exclusion d'éléments protubérants tels que des poignées) est considérée comme la limite d'émission de bruit. La méthode de mesure doit se conformer à l'Article 5 de l'IEC 60076-10:2016 à l'exception de l'exigence concernant l'appareil de mesure, qui doit être à 1,5 m au-dessus du sol comme défini pour l'ECEPD.

BB.4 Mesures

Celles-ci doivent être conformes à l'Article 5 de l'IEC 60076-10:2016. Pour l'objectif de positionnement des instruments de mesure, la surface virtuelle définie à l'Article BB.3 doit être considérée comme principale surface de rayonnement de l'ECEPD.

BB.5 Présentation et calcul des résultats

Le niveau de bruit doit être calculé conformément à l'Article 12 de l'IEC 60076-10:2016.

Le rapport d'essai doit inclure toutes les informations applicables telles qu'indiquées dans l'Article 15 de l'IEC 60076-10:2016. En outre, pour l'ECEPD, les informations suivantes doivent aussi être incluses:

- a) principales caractéristiques de conception de l'ensemble, incluant les matériaux utilisés;

- b) schéma avec dimensions de l'agencement interne des composants à l'intérieur de l'ECEPD et toute autre pièce susceptible d'influer de manière significative sur la propagation du bruit.

NOTE Si une mesure de bruit de quelque côté que ce soit de l'ECEPD diffère grandement de celles des autres côtés, le rapport d'essai indique toutes les valeurs afin de permettre à l'utilisateur de tenir compte des différences lors de l'installation de l'ECEPD.

Annexe CC (informative)

Types et utilisation de l'ECEPD

CC.1 Types d'ECEPD

CC.1.1 Généralités

Le document classe les ECEPD en trois types généraux: l'ECEPD groupé (ECEPD-G), l'ECEPD associé (ECEPD-A) et l'ECEPD intégré (ECEPD-I). Les trois types d'ECEPD peuvent différer selon le type des interconnexions, l'agencement et le niveau de proximité et/ou l'intégration des unités fonctionnelles, qui -dans certains cas- partagent des pièces et/ou un support diélectrique entre certaines fonctions, etc.

CC.1.2 ECEPD-G

Ce type d'ECEPD est caractérisé par le fait que ses unités fonctionnelles sont fabriquées en tant que produits indépendants, totalement conformes à leurs normes respectives. Différents agencements peuvent être utilisés (voir un exemple non exhaustif à la Figure CC.2) mais dans tous les cas, les unités fonctionnelles sont placées à proximité mais ne sont pas fixées les unes aux autres. Les interconnexions entre unités fonctionnelles sont de type conventionnel (câbles ou dispositions en barre omnibus).

CC.1.3 ECEPD-A

Dans ce type d'ECEPD, une ou plusieurs unités fonctionnelles peuvent être modifiées pour réaliser des interconnexions plus courtes ou réduire les dimensions de l'ensemble. Des interfaces non conventionnelles entre les unités fonctionnelles peuvent être intégrées à la conception. Il peut être nécessaire que les unités fonctionnelles s'écartent, dans une certaine mesure, de leurs normes (par ex., les traversées du transformateur peuvent être différentes de celles mentionnées dans la norme pertinente, ou l'ordre des phases peut être modifié). Les unités fonctionnelles sont fabriquées en tant que produits indépendants ou peuvent partager une partie de leurs enveloppes respectives (voir un exemple non exhaustif à la Figure CC.3). Toutefois, aucune de ces caractéristiques spéciales n'est acceptable si elle nuit aux performances, à la fonctionnalité et à la sécurité du produit.

CC.1.4 ECEPD-I

Ce type d'ECEPD est caractérisé par l'intégration totale ou partielle d'un appareillage haute tension et d'un transformateur de puissance au sein d'une seule enveloppe, ce qui nécessite également le partage du support d'isolation (voir un exemple non exhaustif à la Figure CC.4).

CC.2 Utilisation de l'ECEPD

Pour les utilisations industrielles, telles que les usines, les ECEPD sont conçus pour être installés dans des réseaux de distribution publics ou sur des sites industriels.

Pour les réseaux de distribution publique, les ECEPD s'installent dans un local de service électrique fermé en intérieur ou en extérieur (voir la définition 3.103) en constituant un poste de distribution.

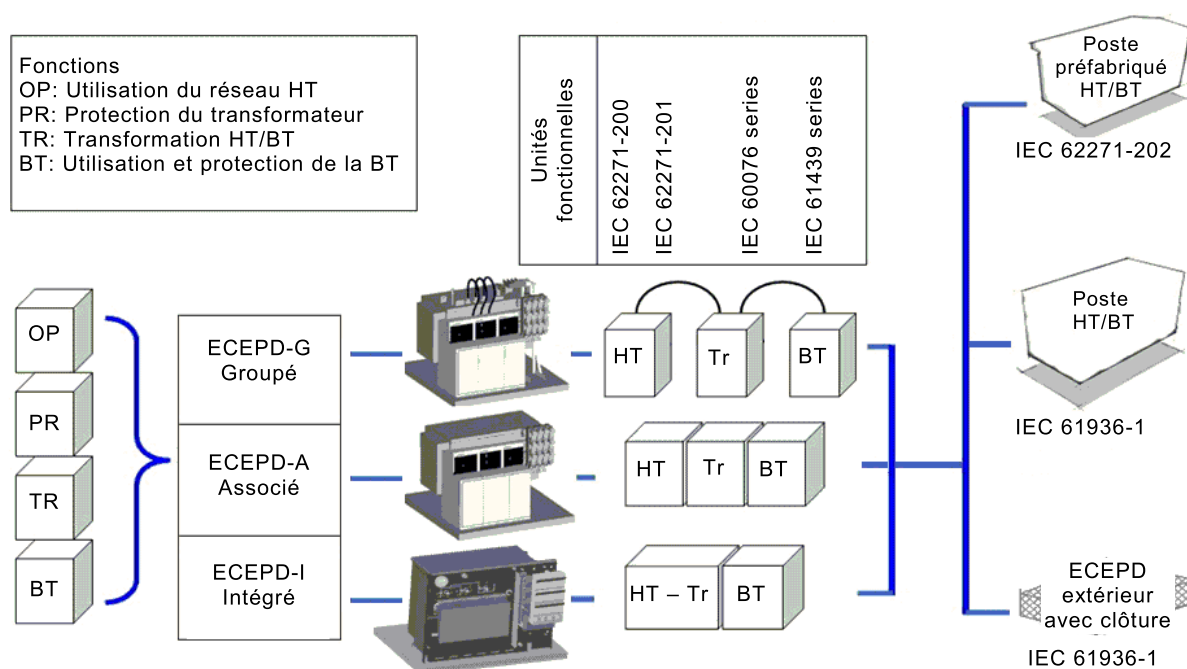
Les ECEPD peuvent être installés en dehors d'un local de service électrique fermé dans la mesure où les réglementations de sécurité sont renforcées par des mesures supplémentaires adoptées sur le site d'installation sous la responsabilité du concepteur de l'installation.

La Figure CC.1 ci-dessous décrit l'utilisation d'un ECEPD pour construire différents types de postes de distribution haute tension/basse tension.

Une fois fabriqué, l'ECEPD (d'un type quelconque) est prêt pour l'étape finale alternative de la construction du poste:

- transport vers le site et installation dans le local de service électrique fermé. Aucune intervention d'installation interne ou d'interconnexion supplémentaire n'est nécessaire ici, à l'exception des cas spéciaux où l'ECEPD est livré en plusieurs unités du fait de contraintes de transport et d'accès au site, par accord entre le fabricant et l'utilisateur.
- introduction dans une enveloppe au sein de l'usine puis transport de l'ensemble complet vers le site d'installation.

Ensemble compact d'équipement pour postes de distribution



IEC

Figure CC.1 – Utilisation de l'ECEPD

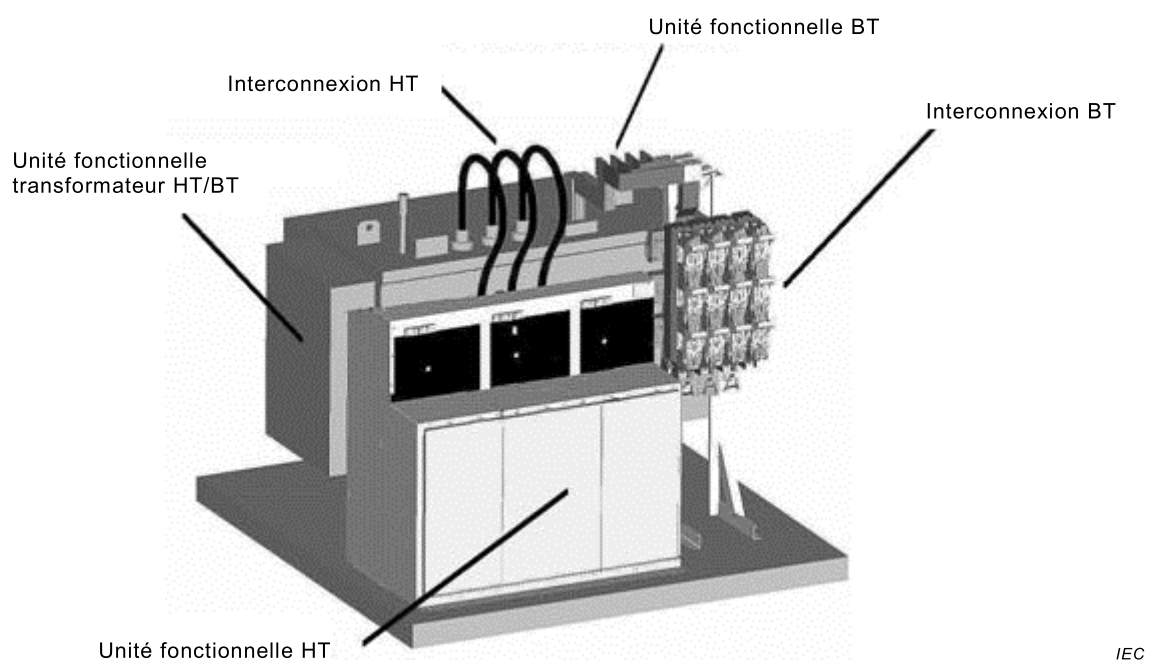


Figure CC.2 – ECEPD de type G

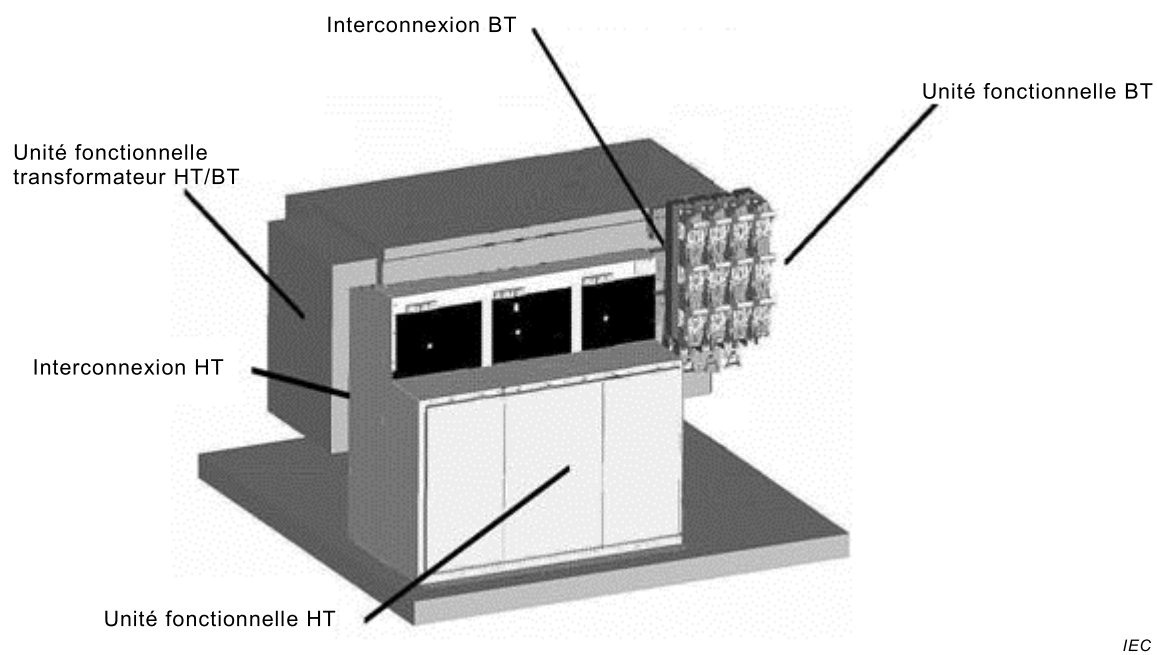
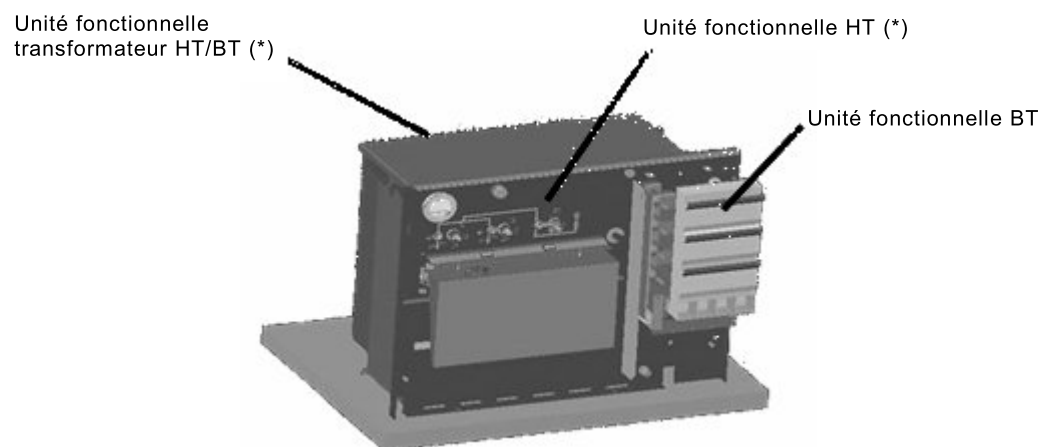


Figure CC.3 – ECEPD de type A



(*) unités fonctionnelles partageant la même enveloppe

IEC

Figure CC.4 – ECEPD de type I

Bibliographie

IEC 60059:1999, *Caractéristiques des courants normaux de la CEI*

IEC 60076-13:2006, *Transformateurs de puissance – Partie 13: Transformateurs auto-protégés immergés dans un liquide diélectrique*

IEC TR 61641:2014, *Ensembles d'appareillage à basse tension sous enveloppe – Guide pour l'essai en conditions d'arc dues à un défaut interne*

IEC 61936-1:2010, *Installations électriques en courant alternatif de puissance supérieure à 1 kV – Partie 1: Règles communes*

IEC 62271-4:2013 *Appareillage à haute tension – Partie 4: Utilisation et manipulation de l'hexafluorure de soufre (SF₆) et des mélanges contenant du SF₆*

IEC TR 62271-208:2009, *Appareillage à haute tension – Partie 208: Méthodes de quantification des champs électromagnétiques à fréquence industrielle en régime établi générés par les ensembles d'appareillages HT et les postes préfabriqués HT/BT*

IEC TS 62271-210:2013, *Appareillage à haute tension – Partie 210: Qualification sismique pour ensembles d'appareillage sous enveloppe métallique pour tensions assignées supérieures à 1 kV et inférieures ou égales à 52 kV*

EN 50464-4:2007, *Transformateurs triphasés de distribution immergés dans l'huile, 50 Hz, de 50 kVA à 2 500 kVA, de tension la plus élevée pour le matériel ne dépassant pas 36 kV – Partie 4: Prescriptions et essais relatifs aux cuves sous pression*

IEEE C57.12.00:2010, *Standard General Requirements for Liquid-Immersed Distribution, Power, and Regulating Transformers* (disponible en anglais seulement)

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

3, rue de Varembé
PO Box 131
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel: + 41 22 919 02 11
Fax: + 41 22 919 03 00
info@iec.ch
www.iec.ch