

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**High-voltage switchgear and controlgear –
Part 202: High-voltage/low-voltage prefabricated substation**

**Appareillage à haute tension –
Partie 202: Postes préfabriqués haute tension/basse tension**



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2014 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 more than 30 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in 14 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

More than 55 000 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 plus de 30 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 14 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

Plus de 55 000 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 202: High-voltage/low-voltage prefabricated substation**

**Appareillage à haute tension –
Partie 202: Postes préfabriqués haute tension/basse tension**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

XD

ICS 29.130.10

ISBN 978-2-8322-1483-1

Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor. Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.
--

CONTENTS

FOREWORD.....	8
INTRODUCTION.....	10
1 General	11
1.1 Scope	11
1.2 Normative references.....	11
2 Normal and special service conditions	13
2.1 Normal service conditions	13
2.1.1 Indoor switchgear and controlgear	13
2.1.1.101 Low-voltage switchgear and controlgear	13
2.1.1.102 Transformer	13
2.1.2 Outdoor switchgear and controlgear	14
2.2 Special service conditions.....	14
2.2.1 Altitude	14
2.2.2 Pollution	14
2.2.3 Temperature and humidity	15
2.2.4 Vibrations, shock or tilting.....	15
2.2.5 Wind speed	15
2.2.6 Other parameters	15
3 Terms and definitions	15
4 Ratings.....	17
4.1 Rated voltage (U_r)	18
4.2 Rated insulation level.....	18
4.3 Rated frequency (f_r).....	19
4.4 Rated normal current and temperature rise	19
4.4.1 Rated normal current (I_r)	19
4.4.2 Temperature rise	19
4.4.3 Particular points of Table 3	19
4.5 Rated short-time withstand current (I_k)	19
4.5.101 Rated short-time withstand current of high voltage switchgear and controlgear and high voltage interconnection (I_k).....	20
4.5.102 Rated short-time phase to earth withstand current (I_{ke}).....	20
4.5.103 Rated short-time withstand currents of low voltage switchgear and controlgear and low voltage interconnection (I_{cw}).....	20
4.6 Rated peak withstand current (I_p)	20
4.6.101 Rated peak withstand current (I_p)	20
4.6.102 Rated peak phase to earth withstand current (I_{pe}).....	20
4.6.103 Rated peak withstand currents of low voltage switchgear and controlgear and low voltage interconnection (I_{pk})	20
4.7 Rated durations of short circuit (t_k)	20
4.7.101 Rated duration of short circuit (t_k).....	21
4.7.102 Rated duration of phase to earth short circuit (t_{ke})	21
4.7.103 Rated duration of short circuits for low voltage switchgear and controlgear and low voltage interconnection	21
4.7.104 Rated duration of short circuits for transformers	21
4.8 Rated supply voltage of closing and opening devices and auxiliary and control circuits (U_a).....	21
4.9 Rated supply frequency of closing and opening devices and of auxiliary circuits.....	21

4.10	Rated pressure of compressed gas supply for controlled pressure systems	21
4.11	Rated filling levels for insulation and/or operation	21
4.101	Rated maximum power and class of enclosure	22
4.101.1	Rated maximum power of the prefabricated substation	22
4.101.2	Rated class of enclosure	22
4.102	Ratings of the internal arc classification	22
4.102.1	General	22
4.102.2	Types of accessibility (A, B, AB)	22
4.102.3	Rated arc fault currents (I_A , I_{Ae})	22
4.102.4	Rated arc fault duration (t_A , t_{Ae})	23
5	Design and construction	23
5.1	Requirements for liquids in switchgear and controlgear	23
5.2	Requirements for gases in switchgear and controlgear	23
5.3	Earthing of switchgear and controlgear	24
5.4	Auxiliary and control equipment	25
5.5	Dependent power operation	25
5.6	Stored energy operation	25
5.7	Independent manual or power operation (independent unlatched operation)	25
5.8	Operation of releases	25
5.9	Low- and high-pressure interlocking and monitoring devices	25
5.10	Nameplates	25
5.11	Interlocking devices	25
5.12	Position indication	26
5.13	Degree of protection provided by enclosures	26
5.14	Creepage distances for outdoor insulators	26
5.15	Gas and vacuum tightness	26
5.16	Liquid tightness	26
5.17	Fire hazard (flammability)	26
5.18	Electromagnetic compatibility (EMC)	26
5.101	Protection of the prefabricated substation against mechanical stress	26
5.102	Protection of the environment due to internal defects	27
5.103	Internal arc fault	27
5.104	Enclosure	28
5.104.1	General	28
5.104.2	Fire behaviour	28
5.104.3	Corrosion	29
5.104.4	Covers and doors	30
5.104.5	Ventilation openings	30
5.104.6	Partitions	30
5.105	Other provisions	31
5.105.1	Provisions for dielectric tests on cables	31
5.105.2	Accessories	31
5.105.3	Operation aisle	31
5.105.4	Labels	31
5.106	Sound emission	31
5.107	Electromagnetic fields	31
6	Type tests	31

6.1	General.....	31
6.1.1	Grouping of tests	32
6.1.2	Information for identification of specimens	32
6.1.3	Information to be included in type-test reports	32
6.2	Dielectric tests	33
6.2.1	Ambient air conditions during tests	33
6.2.2	Wet test procedure	33
6.2.3	Conditions of switchgear and controlgear during dielectric tests	33
6.2.4	Criteria to pass the test	33
6.2.5	Application of the test voltage and test conditions.....	33
6.2.6	Tests of switchgear and controlgear of $U_r \leq 245$ kV	33
6.2.7	Tests of switchgear and controlgear of $U_r > 245$ kV	33
6.2.8	Artificial pollution tests for outdoor insulators.....	33
6.2.9	Partial discharge tests	33
6.2.10	Dielectric tests on auxiliary and control circuits.....	34
6.2.11	Voltage test as condition check	34
6.2.101	Tests on the high-voltage interconnection.....	34
6.2.102	Tests on low-voltage interconnection	35
6.3	Radio interference voltage (r.i.v.) test	36
6.4	Measurement of the resistance of circuits	36
6.5	Temperature-rise tests	36
6.5.101	General	36
6.5.102	Test conditions	37
6.5.103	Test methods.....	38
6.5.104	Measurements	41
6.5.105	Acceptance criteria	42
6.6	Short-time withstand current and peak withstand current tests	43
6.7	Verification of the protection	43
6.8	Tightness tests	43
6.9	Electromagnetic compatibility tests (EMC)	43
6.10	Additional tests on auxiliary and control circuits	44
6.10.1	General	44
6.10.2	Functional tests	44
6.10.3	Electrical continuity of earthed metallic parts test	44
6.10.4	Verification of the operational characteristics of auxiliary contacts.....	44
6.10.5	Environmental tests	44
6.10.6	Dielectric test	44
6.11	X-radiation test procedures for vacuum interrupters	44
6.101	Calculations and mechanical tests	44
6.101.1	Wind pressure	44
6.101.2	Roof loads	45
6.101.3	Mechanical impacts	45
6.102	Internal arc test.....	45
6.102.1	General	45
6.102.2	Test conditions	45
6.102.3	Arrangement of the equipment.....	46
6.102.4	Test procedure	46

6.102.5	Criteria to pass the test	46
6.102.6	Test report.....	47
6.102.7	Transferability of tests results	48
6.103	Measurement or calculation of electromagnetic fields	48
7	Routine tests	48
	<i>Replacement:</i>	49
7.101	Dielectric test on the high voltage interconnection.....	49
7.102	Voltage withstand tests on auxiliary circuits	49
7.103	Functional tests	49
7.104	Verification of correct wiring.....	49
7.105	Tests after assembly on site	49
8	Guide to the selection of prefabricated substation	49
	<i>Replacement:</i>	49
8.101	General.....	49
8.102	Selection of rated values.....	50
8.103	Selection of class of enclosure.....	50
8.104	Internal arc fault.....	50
	8.104.1 General	50
	8.104.2 Causes and preventive measures	51
	8.104.3 Supplementary protective measures	51
	8.104.4 Considerations for the selection and installation	53
	8.104.5 Internal arc test	53
	8.104.6 IAC classification	53
8.105	Summary of technical requirements, ratings and optional tests	54
9	Information to be given with enquiries, tenders and orders	58
9.1	Information with enquiries and orders	58
9.2	Information with tenders.....	59
10	Transport, storage, installation, operation, maintenance	60
10.1	Conditions during transport, storage and installation	60
10.2	Installation	60
	10.2.1 Unpacking and lifting	61
	10.2.2 Assembly.....	61
	10.2.3 Mounting	61
	10.2.4 Connections	61
	10.2.5 Final installation inspection.....	61
	10.2.6 Basic input data by the user	61
	10.2.7 Basic input data by the manufacturer	61
10.3	Operation.....	61
10.4	Maintenance	62
10.101	Dismantling, recycling and disposal at the end-of-service life	62
11	Safety.....	62
11.101	Electrical aspects.....	62
11.102	Mechanical aspects	62
11.103	Thermal aspects	62
11.104	Internal arc aspects	62
12	Influence of the product on the environment	63
Annex AA (normative)	Internal arc fault – Method to verify the internal arc classification (IAC)	64

AA.1	General.....	64
AA.2	Room simulation	64
AA.3	Indicators (for assessing the thermal effects of the gases).....	64
AA.3.1	General	64
AA.3.2	Arrangement of indicators.....	65
AA.4	Tolerances for geometrical dimensions of test arrangements	66
AA.5	Test parameters.....	67
AA.6	Test procedure.....	67
Annex BB	(normative) Test to verify the sound level of a prefabricated substation	76
BB.1	Purpose	76
BB.2	Test specimen	76
BB.3	Test method.....	76
BB.4	Measurements	76
BB.5	Presentation and calculation of the results	76
Annex CC	(normative) Mechanical impact test	78
CC.1	Test for the verification of the resistance to mechanical impact.....	78
CC.2	Apparatus for the verification of the protection against mechanical damage.....	78
Annex DD	(informative) Rating of transformers in an enclosure	80
DD.1	General.....	80
DD.2	Liquid-filled transformer	80
DD.3	Dry-type transformer	81
DD.4	Example.....	85
Annex EE	(informative) Examples of earthing circuits	88
Annex FF	(informative) Characteristics of enclosure materials	91
FF.1	Metals.....	91
FF.1.1	Coatings	91
FF.1.2	Paints	91
FF.2	Concrete	91
Bibliography		93
Figure 101	– Measurement of transformer temperature rise in ambient air: Δt_1	37
Figure 102	– Measurement of transformer temperature rise in an enclosure: Δt_2	37
Figure 103	– Diagram of the preferred temperature-rise test method	39
Figure 104	– Diagram of the alternative temperature-rise test method	40
Figure 105	– Diagram for open-circuit test	41
Figure AA.1	– Mounting frame for vertical indicators	68
Figure AA.2	– Horizontal indicators.....	68
Figure AA.3	– Arrangement of indicators.....	71
Figure AA.4	– Selection of tests on high voltage switchgear for class IAC-A	72
Figure AA.5	– Selection of tests on high voltage switchgear for class IAC-B	73
Figure AA.6	– Selection of tests on high voltage interconnections for class IAC-A	74
Figure AA.7	– Selection of tests on high voltage interconnections for class IAC-B	75
Figure CC.1	– Impact test apparatus.....	79
Figure DD.1	– Liquid-filled transformer load factor in an enclosure	81
Figure DD.2	– Dry-type transformer load factor outside of the enclosure.....	81

Figure DD.3 – Insulation class 105 °C (A) dry-type transformers load factor in an enclosure	82
Figure DD.4 – Insulation class 120 °C (E) dry-type transformers load factor in an enclosure	82
Figure DD.5 – Insulation class 130 °C (B) dry-type transformers load factor in an enclosure	83
Figure DD.6 – Insulation class 155 °C (F) dry-type transformers load factor in an enclosure	83
Figure DD.7 – Insulation class 180 °C (H) dry-type transformers load factor in an enclosure	84
Figure DD.8 – Insulation class 200 °C (H) dry-type transformers load factor in an enclosure	84
Figure DD.9 – Insulation class 220 °C (H) dry-type transformers load factor in an enclosure	85
Figure EE.1 – Example of earthing circuits	88
Figure EE.2 – Example of earthing circuits	89
Figure EE.3 – Example within the framework serving as the main earthing conductor	90
Table 101 – Synthetic material characteristics	29
Table 102 – Locations, causes and examples of measures decreasing the probability of internal arcs	52
Table 103 – Single phase-to-earth arc fault current depending on the network neutral earthing	54
Table 104 – Summary of technical requirements and ratings for prefabricated substations (1 of 4)	55
Table FF.1 – Treatment of coatings	91
Table FF.2 – Tests of coatings	91
Table FF.3 – Test of concrete	92

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

HIGH-VOLTAGE SWITCHGEAR AND CONTROLGEAR –

Part 202: High-voltage/low-voltage prefabricated substation

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 62271-202 has been prepared by subcommittee 17C: High-voltage switchgear and controlgear assemblies, of IEC technical committee 17: Switchgear and controlgear.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 2006. This edition constitutes a technical revision.

This edition includes the following significant technical changes with respect to the previous edition:

- a) regarding temperature-rise test an alternative method for liquid filled transformers is (re)introduced and the temperature-rise test method for dry-type transformers is specified more precisely;
- b) testing procedure for short time and peak withstand current tests are specified more precisely;
- c) assessment of electromagnetic fields is considered including a type test (optional) according IEC/TR 62271-208:2009;

- d) influence of the product on the environment is considered (Clause 12);
- e) internal arc test requirements have been adapted to IEC 62271-200:2011 and requirements for the assessment of pressure relief volumes below the floor / ground has been assigned;
- f) the method for defining the load factor in an enclosure for liquid filled transformers is extended with different temperature rises for the transformer outside the enclosure (Annex DD);
- g) for the calculation of the load factor of dry-type transformers in an enclosure the insulation systems according to IEC 60076-1:2011, Tables B.1 and B.2 are worked out in detail.

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

FDIS	Report on voting
17C/595/FDIS	17C/598/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 standard should be read in conjunction with IEC 62271-1:2007 and its Amendment 1:2011, 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 web site under "<http://webstore.iec.ch>" in the data related to the specific publication. At this date, the publication will be

- reconfirmed,
- withdrawn,
- replaced by a revised edition, or
- amended.

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

Prefabricated substations are defined as a type-tested assembly comprising an enclosure containing in general transformers, low-voltage and high-voltage switchgear, connections and auxiliary equipment to supply low-voltage energy from a high-voltage system or vice versa. These substations are in locations accessible to the public and should ensure protection to persons according to the specified service conditions.

This means that, in addition to the specified characteristics, ratings and relevant test procedures, particular attention has been paid to the specification concerning the protection of persons, both operators and general public. Use of type-tested components and suitable design and construction of the enclosure ensure this protection. The correct design and performance of the prefabricated substation are verified by means of relevant type tests described in this standard, including internal arc tests.

HIGH-VOLTAGE SWITCHGEAR AND CONTROLGEAR –

Part 202: High-voltage/low-voltage prefabricated substation

1 General

1.1 Scope

This part of IEC 62271 specifies the service conditions, rated characteristics, general structural requirements and test methods of high voltage/low voltage or low voltage/high voltage prefabricated substations, which are cable-connected, to be operated from inside (walk-in type) or outside (non-walk-in type) for alternating current of rated voltages above 1 kV and up to and including 52 kV on the high voltage side, and for one or more transformers for service frequencies up to and including 60 Hz for outdoor installation at locations with public accessibility and where protection of personnel is provided.

Prefabricated substations can be situated at ground level or partially or completely below ground level.

In general a prefabricated substation comprises an enclosure containing the following electrical components:

- power transformers;
- high voltage and low voltage switchgear and controlgear;
- high voltage and low voltage interconnections;
- auxiliary equipment and circuits.

However, relevant provisions of this standard are applicable to designs where not all these electrical components exist (for example, an installation consisting of power transformer and low voltage switchgear).

Non-prefabricated substations should comply with the applicable requirements of IEC 61936-1:2010.

1.2 Normative references

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

IEC 60050-461 (all parts), *International Electrotechnical Vocabulary* (available at www.electropedia.org)

IEC 60068-2-75, *Environmental testing – Part 2-75: Tests – Test Eh: Hammer tests*

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 60076-7:2005, *Power transformers – Part 7: Loading guide for oil-immersed power transformers*

IEC 60076-10:2001, *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 60076-13:2006, *Power transformers – Part 13: Self-protected liquid-filled transformers*

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)*

Amendment 1:1999

Amendment 2:2013

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*

Amendment 1:1992

Amendment 2:1995

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: Environmental conditions appearing in nature – Solar radiation and temperature*

Amendment 1:1988

IEC/TS 60815-1:2008, *Selection and dimensioning of high-voltage insulators intended for use in polluted conditions – Part 1: Definitions, information and general principles*

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

IEC 61180-1:1992, *High-voltage test techniques for low-voltage equipment – Part 1: Definitions, test and procedure requirements*

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

IEC 61439-2:2011, *Low-voltage switchgear and controlgear assemblies – Part 2: Power switchgear and controlgear assemblies*

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*

Amendment 1:2011

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 62271-201:2006, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 201: AC insulation enclosed switchgear and controlgear for rated voltages above 1 kV and up to and including 52 kV*

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/TR 62271-300:2006, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 300: Seismic qualification of alternating current circuit-breakers*

ISO/IEC Guide 51:1999, *Safety aspects – Guidelines for their inclusion in standards*

ISO 1052:1982, *Steels for general engineering purposes*

ISO 1182:2010, *Reaction to fire tests for products – Non-combustibility tests*

ISO 1716:2010, *Reaction to fire tests for products – Determination of the gross heat of combustion (calorific value)*

ISO 6508-1:2005, *Metallic materials – Rockwell hardness test – Part 1: Test method (scales A, B, C, D, E, F, G, H, K, N, T)*

2 Normal and special service conditions

Clause 2 of IEC 62271-1:2007 is applicable, except as follows.

2.1 Normal service conditions

Unless otherwise specified in this standard, the prefabricated substation is designed to be used under normal service conditions for outdoor switchgear and controlgear according to IEC 62271-1:2007.

Inside the enclosure it is assumed that normal indoor conditions prevail according to IEC 62271-1:2007. However, the ambient temperature inside the enclosure of the prefabricated substation will be different from the ambient temperature as defined in 3.111.

If the ambient temperature inside the substation is higher than the limits fixed for the components in their respective product standards, de-rating may be necessary.

2.1.1 Indoor switchgear and controlgear

Subclause 2.1.1 of IEC 62271-1:2007 is applicable.

Additional subclauses:

2.1.1.101 Low-voltage switchgear and controlgear

Subclause 7.1 of IEC 61439-1:2011 is applicable.

2.1.1.102 Transformer

IEC 60076-1:2011 is applicable.

A transformer loaded with rated normal current inside an enclosure has a temperature rise, which is higher than in open-field conditions and the temperature limits as defined in IEC 60076-2:2011 or IEC 60076-11:2004 can be exceeded.

The service conditions of the transformer will be determined according to the local outside service conditions and the class of the enclosure (see 4.101.2).

This will enable the transformer manufacturer or user to calculate its possible derating (see Annex DD).

2.1.2 Outdoor switchgear and controlgear

Subclause 2.1.2 of IEC 62271-1:2007 is not applicable.

2.2 Special service conditions

Subclause 2.2 of IEC 62271-1:2007 is applicable, except as follows.

When a prefabricated substation is used under conditions different from the normal service conditions given in 2.1, the following applies.

2.2.1 Altitude

Subclause 2.2.1 of IEC 62271-1:2007 is applicable, except as follows.

Precaution should be taken for the following equipment.

Additional subclauses:

2.2.1.101 High-voltage switchgear and controlgear

For installation at an altitude higher than 1 000 m, refer to IEC 62271-1:2007.

2.2.1.102 Low-voltage switchgear and controlgear

For installation at an altitude higher than 2 000 m, refer to 7.2 of IEC 61439-1:2011.

2.2.1.103 Transformer

For installation at an altitude higher than 1 000 m, refer to IEC 60076-2:2011 or IEC 60076-11:2004.

2.2.2 Pollution

Subclause 2.2.2 of IEC 62271-1:2007 is applicable, except as follows.

In the case where there is exposed primary insulation inside the enclosure, the degree of pollution should be selected having consideration that airborne salt or industrial pollution introduced via the enclosure ventilation will not be washed off by rain. The degree of pollution inside the enclosure in such circumstances may be more onerous than existing outside the enclosure.

For substations that are intended to be installed in environments with the site pollution severity classes c, d and e according to IEC/TS 60815-1:2008, the exposed insulation, if any, should be designed in order to withstand these pollution levels. Alternatively, measures should be taken in order to prevent the build-up of pollution on the exposed surfaces of the insulation.

For installation in polluted ambient air, the degree of pollution should be specified according to the relevant standards for the following equipment.

Additional subclauses:

2.2.2.101 High-voltage switchgear and controlgear

Refer to 2.2.2 of IEC 62271-1:2007.

NOTE Metal-enclosed switchgear and controlgear, under the scope of IEC/TS 62271-304 and intended to be used in service conditions more severe with respect to condensation and pollution than the normal service conditions specified in this standard, can be classified with a "Design Class" 1 or 2 according to IEC/TS 62271-304 to demonstrate its ability to withstand such severe conditions.

2.2.2.102 Low-voltage switchgear and controlgear

Refer to IEC 60664-1:2007 and 7.1.3 of IEC 61439-1:2011.

2.2.2.103 Transformer

IEC 60076 series, in general, do not address pollution as a special service condition. However IEC 60067-11:2004 describes unusual service conditions for dry type transformers that could give guidance in case of polluted environment.

2.2.3 Temperature and humidity

Subclause 2.2.3 of IEC 62271-1:2007 is applicable, except as follows.

For a prefabricated substation situated where the ambient temperature can be significantly outside the normal service condition range for the enclosure stated in 2.1, the preferred ranges of temperature to be specified should be:

–50 °C and +40 °C for very cold climates.

–5 °C and +50 °C for very hot climates.

If the service conditions at the intended installation site do not fall within the limits of "normal services conditions, taking into account the class of the enclosure (see 4.101.2), then the limits of the temperature rise for the transformer shall be modified accordingly (See Annex DD).

2.2.4 Vibrations, shock or tilting

Subclause 2.2.4 of IEC 62271-1:2007 is applicable.

2.2.5 Wind speed

Subclause 2.2.5 of IEC 62271-1:2007 is applicable.

2.2.6 Other parameters

Subclause 2.2.6 of IEC 62271-1:2007 is applicable.

3 Terms and definitions

Clause 3 of IEC 62271-1:2007 is not applicable.

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC 60050-441 and the following apply.

3.101

prefabricated substation

prefabricated and type-tested assembly comprising an enclosure containing in general power transformers, high voltage and low voltage switchgear and controlgear, high voltage and low voltage interconnections, auxiliary equipment and circuits

3.102

transport unit

part of a prefabricated substation suitable for shipment without being dismantled

3.103

enclosure

part of a prefabricated substation providing protection against external influences to the substation and a specified degree of protection for operators and the general public with respect to approach to, or contact with, live parts and against contact with moving parts

3.104

compartment

part of a prefabricated substation enclosed except for openings necessary for interconnection, control or ventilation

Note 1 to entry: A compartment may be designated by the component contained therein, for example, transformer, high-voltage switchgear and controlgear, low-voltage switchgear and controlgear respectively.

3.105

component

essential part of the prefabricated substation, which serves one or several specific functions

Note 1 to entry: For example, transformer, high-voltage switchgear and controlgear, low-voltage switchgear and controlgear, etc.

3.105.1

high voltage interconnection

electrical connection between the terminals to the high voltage switchgear and controlgear and the high voltage terminal of the high voltage/low voltage power transformer

3.105.2

low voltage interconnection

electrical connection between the low voltage terminals of the high voltage/low voltage power transformer and the incoming terminals of the low voltage switchgear and controlgear

3.106

partition

part of a prefabricated substation separating one compartment from other compartments

3.107

main circuit

all conductive parts of a prefabricated substation included in a circuit intended to transmit electrical energy

3.108

auxiliary circuit

all conductive parts of a prefabricated substation included in a circuit (other than the main circuit) intended to control, measure, signal, regulate, illuminate, etc.

3.109

rated value

quantity value assigned, generally by the manufacturer, for a specified operating condition of a prefabricated substation

[SOURCE: IEC 60050-151:2001, 151-16-08, modified]

3.110

degree of protection

extent of protection provided by an enclosure against access to hazardous parts, against ingress of solid foreign objects and/or against ingress of water and verified by standardized test methods

3.111

ambient air temperature

temperature, determined under prescribed conditions, of the air surrounding the enclosure of the prefabricated substation

3.112

class of enclosure

difference of temperature rise between the transformer in the enclosure and the same transformer outside the enclosure at normal service conditions as defined in 2.1

Note 1 à l'article: The transformer rated values (power and losses) correspond to the maximum rated values of the prefabricated substation.

3.113

transformer load factor

per unit value of constant current that can be taken from the transformer at constant rated voltage

3.114

internal arc classified prefabricated substation

prefabricated substations for which prescribed criteria for protection of persons are met in the event of an internal arc as demonstrated by type tests

3.114.1

type of accessibility

characteristic related to the level of protection given to people accessing a defined area inside or around the prefabricated substation

3.114.2

arc fault current

three-phase and – where applicable – the single phase-to-earth r.m.s. value of the short-circuit current for which the prefabricated substation is designed to protect persons in the event of an internal arc

3.114.3

arc fault duration

duration of the short-circuit current for which the prefabricated substation is designed to protect persons in the event of an internal arc

3.115

degree of protection against mechanical impacts

extent (level) of protection of the equipment provided by an enclosure against harmful mechanical impacts and verified by standardized test methods

4 Ratings

Clause 4 of IEC 62271-1:2007 is applicable, except as follows.

The ratings of a prefabricated substation are the following:

- a) rated high voltage;
- b) rated low voltage;
- c) rated insulation levels;
- d) rated frequency (f_r);
- e) rated normal currents for main circuits (I_r);
- f) rated short-time withstand currents (I_k, I_{ke}, I_{cw}) for main and earthing circuits;
- g) rated peak withstand currents (I_p, I_{pe}, I_{pk}), for main and earthing circuits;
- h) rated duration of short circuit (t_k, t_{ke}) for main and earthing circuits;
- i) rated supply voltage of closing and opening devices and auxiliary and control circuits;
- j) rated supply frequency of closing and opening devices and auxiliary and control circuits;
- k) rated maximum power of the prefabricated substation;
- l) temperature rises and rated power of each transformer;
- m) transformer losses at rated operating voltage and rated current;
- n) rated class of enclosure;
- o) ratings of the internal arc classification (IAC), if assigned by the manufacturer.

4.1 Rated voltage (U_r)

Subclause 4.1 of IEC 62271-1:2007 is not applicable for the prefabricated substation assembly.

Rated voltage of a prefabricated substation is defined by the rated voltages of its high voltage switchgear and controlgear, high voltage/low voltage power transformer and low voltage switchgear and controlgear.

Refer to IEC 62271-1:2007 for high-voltage switchgear and controlgear.

Refer to IEC 60947-1 and 5.2 of IEC 61439-1:2011 for low-voltage switchgear and controlgear.

Subclause 5.4.1 of IEC 60076-1:2011 is applicable for the transformer.

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

4.2 Rated insulation level

Subclause 4.2 of IEC 62271-1:2007 is not applicable for the prefabricated substation assembly.

Rated insulation level of a prefabricated substation is defined by the rated insulation levels of its high voltage switchgear and controlgear and low voltage switchgear and controlgear.

For high-voltage switchgear and controlgear, refer to IEC 62271-1:2007 and for low-voltage switchgear and controlgear refer to 5.2 of IEC 61439-1:2011 and IEC 60947-1:2007.

The minimum rated lightning impulse voltage withstands of the low-voltage switchgear and controlgear shall be at least the value given for overvoltage category IV in Table A.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 for the prefabricated substation assembly.

For high-voltage switchgear and controlgear, refer to IEC 62271-1:2007, and for low-voltage switchgear and controlgear, refer to IEC 60947-1:2007 and 5.5 of IEC 61439-1:2011.

4.4 Rated normal current and temperature rise

4.4.1 Rated normal current (I_r)

Subclause 4.4.1 of IEC 62271-1:2007 is not applicable for the prefabricated substation assembly.

For high-voltage switchgear and controlgear, refer to IEC 62271-1:2007 and for low-voltage switchgear and controlgear, refer to 5.3 of IEC 61439-1:2011.

4.4.2 Temperature rise

Subclause 4.4.2 of IEC 62271-1:2007 is not applicable for the prefabricated substation assembly.

For any outer accessible part of the enclosure of the substation the maximum permissible temperature shall not exceed 70 °C at a maximum ambient temperature of 40°C excluding solar radiation effects.

For high-voltage switchgear and controlgear, refer to IEC 62271-1:2007.

For low-voltage switchgear and controlgear, refer to 9.2 of IEC 61439-1:2011.

For transformer function, refer to IEC 60076-2:2011 and IEC 60076-11:2004.

Components in a prefabricated substation which are subject to individual specifications not covered by the scope of IEC 62271-1:2007, IEC 61439-1:2011, IEC 60076-2:2011 and IEC 60076-11:2004 shall not exceed the maximum permissible temperatures and temperature-rise limits stated in the relevant standard for each component.

The maximum permissible temperature rise for high voltage and low voltage interconnections are those specified in IEC 62271-1:2007 and 9.2 of IEC 61439-1:2011 as applicable for contacts, connections and metal parts in contact with insulation. For the transformer, the load factor will be taken into account to comply with Clause 2 of this standard. Refer to Annex DD, and also to IEC 60076-7 and to IEC 60076-12:2008.

4.4.3 Particular points of Table 3

Subclause 4.4.3 of IEC 62271-1:2007 is applicable.

4.5 Rated short-time withstand current (I_k)

Subclause 4.5 of IEC 62271-1:2007 is not applicable for the prefabricated substation assembly.

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

Additional subclauses:

4.5.101 Rated short-time withstand current of high voltage switchgear and controlgear and high voltage interconnection (I_k)

Rated short-time withstand current I_k shall be assigned to high voltage switchgear and also to high voltage interconnection.

NOTE 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.

4.5.102 Rated short-time phase to earth withstand current (I_{ke})

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

NOTE The short-circuit current ratings applicable to the earthing circuit depend upon the type of system neutral earthing for which it is intended. See Table 103.

4.5.103 Rated short-time withstand currents of low voltage switchgear and controlgear and low voltage interconnection (I_{cw})

Refer to 5.3.4 of IEC 61439-1:2011.

4.6 Rated peak withstand current (I_p)

Subclause 4.6 of IEC 62271-1:2007 is not applicable for the prefabricated substation assembly.

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

Additional subclauses:

4.6.101 Rated peak withstand current (I_p)

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.

4.6.102 Rated peak phase to earth withstand current (I_{pe})

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

4.6.103 Rated peak withstand currents of low voltage switchgear and controlgear and low voltage interconnection (I_{pk})

Refer to 5.3.3 of IEC 61439-1:2011.

4.7 Rated durations of short circuit (t_k)

Subclause 4.7 of IEC 62271-1:2007 is not applicable for the prefabricated substation assembly.

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

Additional subclauses:

4.7.101 Rated duration of short circuit (t_k)

A rated duration of short circuit 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.

4.7.102 Rated duration of phase to earth short circuit (t_{ke})

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.

4.7.103 Rated duration of short circuits for low voltage switchgear and controlgear and low voltage interconnection

Refer to 5.3.4 of IEC 61439-1:2011 for low voltage switchgear and controlgear and assign a rated duration of short-circuit to the low voltage interconnection

4.7.104 Rated duration of short circuits for transformers

Refer to IEC 60076-5:2006 and IEC 60076-11:2004.

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

Subclause 4.8 of IEC 62271-1:2007 is not applicable for the prefabricated substation assembly.

For high-voltage switchgear and controlgear, refer to IEC 62271-1:2007; for low-voltage switchgear and controlgear, refer to 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 the prefabricated substation assembly.

For high-voltage switchgear and controlgear, refer to IEC 62271-1:2007; for low-voltage switchgear and controlgear, refer to IEC 61439-1:2011.

4.10 Rated pressure of compressed gas supply for controlled pressure systems

Subclause 4.10 of IEC 62271-1:2007 is not applicable to the prefabricated substation assembly.

For high-voltage switchgear and controlgear, 4.10 of IEC 62271-1:2007 is applicable.

4.11 Rated filling levels for insulation and/or operation

Subclause 4.11 of IEC 62271-1:2007 is not applicable to the prefabricated substation assembly.

For high-voltage switchgear and controlgear, 4.11 of IEC 62271-1:2007 is applicable.

Additional subclauses:

4.101 Rated maximum power and class of enclosure

4.101.1 Rated maximum power of the prefabricated substation

The rated maximum power of the prefabricated substation is given by the maximum rated power and the total losses of the transformer(s) (as defined in IEC 60076-1:2011 or IEC 60076-11:2004) for which the substation has been designed.

4.101.2 Rated class of enclosure

The rated class of the enclosure is the class of the enclosure corresponding to the rated maximum power of the prefabricated substation.

The rated class of the enclosure, the transformer temperature rise and the service conditions are used to determine the load factor of the transformer according to Annex DD.

There are six rated classes of enclosure: classes 5, 10, 15, 20, 25 and 30 corresponding to a maximum value of difference of the temperature rise of the transformer of 5 K, 10 K, 15 K, 20 K, 25 K and 30 K, respectively (see Figures 101 and 102).

NOTE The manufacturer can assign to an enclosure several classes corresponding to different values of power and losses of the transformer. These additional classes are confirmed by test according to 6.5 (see also 8.103).

4.102 Ratings of the internal arc classification

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 substations providing protection to the operators during normal operations inside or in front of the high voltage side of the substation.

NOTE 1 To verify the protection to the operators a distinction is made between two types of substations, depending on their operating mode.

- a) Substation operated from inside: Authorized personnel inside the substation with the door open.
- b) Substation operated from outside: Authorized personnel on the high voltage operating side of the substation with the door open.

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

NOTE 2 To qualify for this classification, unrestricted accessibility is considered to all sides of the substation with all doors closed, irrespective of the operational mode of the substation (from the inside or from the outside).

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

To qualify for this classification, these substations 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 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 switchgear and controlgear to which the single phase-to earth arc fault current rating applies. Such value is assigned to switchgear and controlgear 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.

In the case where all high-voltage compartments are only designed for single phase-to-earth arc faults, I_A rating shall not 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.

4.102.4 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

Clause 5 of IEC 62271-1:2007 is not applicable to the prefabricated substation assembly.

Prefabricated substations shall be designed so that normal service, inspection and maintenance can be carried out safely. Additionally, the substation shall be designed and constructed in such a manner that the risk of unauthorized access is minimized. Attention shall be paid to hinges, vent covers, locking mechanisms, etc.

The design of the substation shall take into account the possible interactions (e.g. electrical, mechanical and thermal) in the performance of different components.

All the components shall comply with their relevant IEC standards.

In particular,

- transformers according to IEC 60076-1:2011, IEC 60076-11:2004 or IEC 60076-13:2006;
- high-voltage switchgear and controlgear according to IEC 62271-200:2011 or IEC 62271-201:2006;
- low-voltage switchgear and controlgear according to IEC 60947-1 and IEC 61439-2:2011.

5.1 Requirements for liquids in switchgear and controlgear

For high-voltage switchgear and controlgear 5.1 of IEC 62271-1:2007 is not applicable to substation assembly.

5.2 Requirements for gases in switchgear and controlgear

For high-voltage switchgear and controlgear 5.2 of IEC 62271-1:2007 is not applicable to substation assembly.

NOTE For the handling of SF₆ refer to IEC/TR 62271-4 (see Bibliography).

5.3 Earthing of switchgear and controlgear

Subclause 5.3 of IEC 62271-1:2007 is not applicable and it is replaced as follows:

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

If the framework of the enclosure, or the reinforcement of the concrete, is made of metallic bolted or welded material, it may serve as the main earthing conductor system.

Annex EE shows some typical examples of earthing systems.

The main earthing conductor system shall be capable of carrying the rated short time and peak phase to earth withstand currents from each element of the prefabricated substation to the external earthing connection, under the neutral earthing condition of the system.

NOTE 1 In general, the above requirement is fulfilled if an earthing conductor of adequate cross-section is provided extending the whole length of the prefabricated substation. As guidance, the current density in the earthing conductor, if of copper, does under the specified earth-fault conditions not exceed 200 A/mm² for a rated duration of short circuit of 1 s, and 125 A/mm² for a rated duration of short circuit of 3 s.

NOTE 2 A method of calculating cross-sectional areas of conductors is given in IEC 60724; refer to Bibliography.

The earthing circuit is normally designed to withstand one occurrence of a single short-circuit fault, and maintenance could be needed after such an event.

If a dedicated earthing conductor is applied as earthing circuit of the switchgear and controlgear, its cross-section shall be not less than 30 mm².

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

NOTE 3 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 earthing circuit shall include:

- the enclosure of the prefabricated substation if it is metallic;
- the enclosure, if metallic, of the high-voltage switchgear and controlgear from the terminal provided for that purpose;
- the metal shields and the earthing conductors of the high-voltage cables;
- the transformer tank or metal frame of dry-type transformers;
- the frame and/or enclosure, if metallic, of the low-voltage switchgear and controlgear;
- the earthing connection of automatic controls and remote-control devices.

If the enclosure of the prefabricated substation is metallic, covers, doors and other accessible metallic parts of this enclosure shall be designed to carry 30 A (d.c.) from themselves to the prefabricated substation main earthing point, with a voltage drop of maximum 3 V. Adequate earthing measures around the prefabricated substation shall be provided to prevent dangerous touch and step voltages.

If the enclosure of the prefabricated substation is not metallic, it is not necessary to connect covers, doors and other accessible metallic parts of this enclosure to the earthing circuit unless there is a risk of live parts coming into contact with them.

5.4 Auxiliary and control equipment

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

For the low-voltage installation inside the prefabricated substation (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 to substation assembly.

5.6 Stored energy operation

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

5.7 Independent manual or power operation (independent unlatched operation)

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

5.8 Operation of releases

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

5.9 Low- and high-pressure interlocking and monitoring devices

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

5.10 Nameplates

Instead of subclause 5.10 of IEC 62271-1:2007 the following applies.

Each prefabricated substation shall be provided with a durable and clearly legible nameplate, which shall contain at least the following information:

- manufacturer's name or trade mark;
- type designation;
- internal arc designation, where applicable;
- serial number;
- instruction book reference;
- number of this standard;
- year of manufacture.

The ratings of the high voltage switchgear and controlgear, power transformers and low voltage switchgear and controlgear shall be provided with separated nameplates, as in their respective product standard.

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. In the event of the loss of power supply electrical interlocking schemes shall be designed to fail safely.

5.12 Position indication

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

5.13 Degree of protection provided by enclosures

Subclause 5.13 of IEC 62271-1:2007 is applicable, with the following additions.

The minimum degree of protection of the enclosure of the prefabricated substation shall be IP23D in accordance with IEC 60529:1989, Amendment 1:1999, Amendment 2:2013. A higher degree of protection may be specified in accordance with IEC 60529:1989, Amendment 1:1999, Amendment 2:2013.

For compartmented substations, the degrees of protection may be defined for each part of the enclosure corresponding to each compartment.

NOTE The degree of protection of the prefabricated substation can be reduced when substation/compartment doors are open (for example, for operation, inspection, etc.). Other precautions can be necessary for the protection of persons against approach to hazardous parts, fulfilling the safety measures of 8.1 of IEC 61936-1:2010.

5.14 Creepage distances for outdoor insulators

Subclause 5.14 of IEC 62271-1:2007 is not applicable.

5.15 Gas and vacuum tightness

Subclause 5.14 of IEC 62271-1:2007 is not applicable to substation assembly.

5.16 Liquid tightness

Subclause 5.15 of IEC 62271-1:2007 is not applicable to substation assembly.

5.17 Fire hazard (flammability)

Subclause 5.17 of IEC 62271-1:2007 is not applicable and it is replaced as follows:

For the enclosure of the prefabricated substation refers to 5.104.2.

5.18 Electromagnetic compatibility (EMC)

Subclause 5.18 of IEC 62271-1:2007 for high-voltage switchgear and controlgear and 9.4 of IEC 61439-1:2011 for low-voltage switchgear and controlgear are applicable.

Emission and immunity characteristics of a prefabricated substation are given by those of its active components.

Additional subclauses:

5.101 Protection of the prefabricated substation against mechanical stress

The enclosure of a prefabricated substation shall have sufficient mechanical strength and shall withstand the following loads and impacts:

a) roof load:

- minimum 2 500 N/m² (erection loads or other loads);

If the prefabricated substation is installed in places where higher stress can be expected (for example, underground substation placed in vehicle traffic areas, snow loads, etc.), this shall be taken into account and, where applicable, follow national or local regulations in force, or specification of the user.

- snow loads according to the local climatic conditions;
- b) wind loads on the enclosure:
 - wind loads according to 2.1.2 of IEC 62271-1:2007;
- c) external mechanical impacts on covers, doors and ventilation openings:
 - external mechanical impacts with an energy of 20 J corresponding to a degree of protection IK10.

Accidental mechanical impacts above this value (for example, traffic collisions) are not covered by this standard and should be prevented, if necessary, by other means provided external to and around the prefabricated substation.

5.102 Protection of the environment due to internal defects

In the case of internal defects leading to hazardous liquids escaping from the equipment (example: oil of a transformer, oil of switchgear), provision shall be taken to retain hazardous liquids preventing the soil to be polluted.

If one or several retention tanks are part of the enclosure, their capacity shall be at least:

- for each individual tank: the total hazardous liquid volume of the corresponding hazardous liquid containing part (for example, transformer, switchgear, etc.);
- for a common tank: the total hazardous liquid volume of the biggest hazardous liquid containing part (for example, transformer, switchgear, etc.).

5.103 Internal arc fault

A prefabricated substation that satisfies the requirements of this standard is designed, in principle, to prevent the occurrence of internal arc faults.

To achieve this objective the manufacturer of the prefabricated substation shall assure 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, if the substation is installed, operated and maintained following the instructions provided by the manufacturer; however, this cannot be completely disregarded.

Failure within the enclosure of a prefabricated substation due either to a defect or an exceptional service condition or mal-operation may initiate an internal arc, which constitutes a hazard, if persons are present. Failures can occur in any part of the substation. However, as no internal arc testing requirements for low voltage switchgear and transformers are described in their respective relevant standards, only arc faults occurring within the enclosure of the enclosed high voltage switchgear and controlgear and in the high voltage interconnections are taken into consideration in this standard (see 6.102).

NOTE IEC/TR 61641:2008 gives guidance for an internal arc test in enclosed low voltage switchgear and controlgear.

For substation arrangements without high voltage switchgear, see 6.102.2.

To consider this hazard, distinction shall be made between operators and general public. The operator can be inside the substation (if operated from inside) or in front of it (if operated from outside). However, the general public may be around the substation at any time. The general public will never be inside the substation or in close proximity to the operating side when operations are being performed with the doors open (if operated from outside). These areas are considered to be of restricted access only for operators.

Evidence of the effectiveness of the design at providing protection to general public and/or to operators in case of an internal arc fault may be required. This evidence shall be obtained by testing the substation according to 6.102 and Annex AA. Substations that have been successfully tested qualify as class IAC-A or IAC-B or IAC-AB.

In the event of an internal arc fault, some gases with toxic characteristics may be present. However, it is not relevant to the safety of the operator because in such situation evacuation of the switching room is mandatory. Later on, ventilation of the room is necessary before re-entering.

5.104 Enclosure

5.104.1 General

The enclosure shall meet the following conditions:

- the degree of protection shall comply with 5.13;
- parts of the enclosure made of non-conductive materials shall meet special dielectric requirements. Tests to verify compliance are described in 6.2.101.2.2;
- measures shall be taken in order to avoid deformation, which could be caused by transport or handling when carried out according to the manufacturer's instructions;
- means shall be provided to guarantee safe access to operations concerning transformer tap-changer or for inspection, for example, by opening a door or, if necessary, by removing a cover;
- cooling of the prefabricated substation by natural ventilation;

NOTE This standard covers only designs using natural ventilation. Prefabricated substations employing other means of cooling (for example, forced cooling) are subject to an agreement between manufacturer and user. In any case, the forced cooling can be carried out by pushing fresh air at the bottom of the enclosure or exhausting the hot air at the top. An attention is paid to avoid any short cut between the air inlet and the air outlet that can reduce the efficiency of the ventilation system.

- it is acceptable that part of the enclosure of a component becomes part of the substation enclosure. In such a case, this part shall comply with the applicable requirements of both this standard and the relevant product standard of the component.

5.104.2 Fire behaviour

5.104.2.1 General

The materials used in the construction of the enclosure of the prefabricated substation shall have the following minimum level of behaviour against fire occurring inside or outside of the prefabricated substation.

The materials shall be either non-flammable or, if synthetic materials are used, they shall be in accordance with 5.104.2.3.

NOTE 1 For fire behaviour, only reaction to fire is considered. Fire resistance may be considered, according to local regulations, subject to agreement between manufacturer and user.

NOTE 2 For aesthetic reasons, additional cladding materials which cannot comply with non-flammability tests could be used. These materials do not form any part of the structure of the enclosure of the substation.

5.104.2.2 Traditional materials

The materials listed below are suitable for prefabricated substations and considered as non-flammable:

- concrete;
- metal (steel, aluminium, etc.);

- plaster;
- glass fibre or rockwool.

5.104.2.3 Synthetic materials

The use of enclosures made of synthetic materials is subject to agreement between the manufacturer and the user

If agreed synthetic materials shall be tested according to ISO 1182:2010 and ISO 1716:2010 complying as a minimum with the values given in Table 101.

Table 101 – Synthetic material characteristics

Performance characteristics	Requested values	Standard
PCS gross heat of combustion [in MJ/kg]	$\leq 3,0$ MJ/kg	ISO 1716:2010
Temperature rise (T) [in °C]	≤ 50 °C	ISO 1182:2010
Loss of mass (Δm) [in %]	≤ 50 %	ISO 1182:2010
Flaming time (t_f) [in s]	20 s	ISO 1182:2010

5.104.2.4 Other materials

The manufacturer shall prove the non-flammability of the materials used which shall be at least equivalent to 5.104.2.3.

5.104.3 Corrosion

5.104.3.1 General

The enclosure can be made of different materials (concrete, metal, synthetic materials, etc.). The materials of the enclosure should resist deterioration under the environmental conditions (see Clause 2) during its expected lifetime, provided that the maintenance recommendation given by the manufacturer is followed.

An additional coating or surface treatment can be used.

To assess the performance of such treatments appropriate relevant international standards may be used.

The IEC 60068 series gives information on environmental testing procedures and severity of tests.

Characteristics of materials coatings and painting should be stated by the manufacturer. Additional information is given in Annex FF.

If the enclosure is part of the main earthing conductor system, precautions shall be taken to prevent corrosion of the elements and contact surfaces in the earthing current path, in order to maintain the current-carrying capacity during its expected service lifetime.

5.104.3.2 Concrete

Concrete shall be protected against the effects of water penetration, carbonation, frost, chloride diffusion and chemical attacks.

Painting or roughcast painting may be used as appropriate. The adherence, ageing (damp heat) and abrasion resistance should be considered.

5.104.3.3 Metals

Protection against corrosion shall be ensured by the use of suitable materials or by the application of suitable protective coatings to the exposed surfaces. Additional information is given in FF.1.1 and FF.1.2. The manufacturer shall carefully consider the corrosion characteristic of the material.

5.104.3.4 Synthetic and composite materials

Ageing (dry heat and damp heat) and ultraviolet radiation should be considered. Additionally, these materials may be protected by appropriate painting or coating.

5.104.4 Covers and doors

Covers and doors are part of the enclosure. When they are closed, they shall provide the degree of protection specified for the enclosure. When ventilation openings are incorporated in covers or doors, reference is made to 5.104.5.

Two categories of covers or doors are recognized with regard to access to the compartments of the prefabricated substation:

- a) those which need to be opened for normal operation (removable covers, doors). These shall not require tools for their opening or removal. They shall be provided with locking facilities unless the safety of persons is assured by a suitable interlocking device;
- b) all other covers, doors or roof. They shall be provided with locking facilities or it shall not be possible to open or remove them before doors used for normal operation have been opened. They shall require tools for their opening or removal.

The doors shall open outwards at an angle of at least 90° and be equipped with a device able to maintain them in an open position. In case where doors are horizontally hinged at the top the minimum opening angle should be 90°. Below ground-level prefabricated substations require an access hatch, providing adequate safety for personnel and the passer-by. It shall be possible for a single person to operate this hatch.

It shall be possible to secure the access hatch to prevent closure whilst operators are within the substation or working on the equipment from outside the substation.

5.104.5 Ventilation openings

Ventilation openings shall be so arranged or shielded that the same degree of protection (IP code) and the same degree of protection against mechanical impacts (IK code) as specified for the enclosure, or for the ventilated compartment including partitions, are maintained.

Such openings may make use of wire mesh or similar, provided that the IK level is maintained.

5.104.6 Partitions

The degree of protection of partitions, if any, shall be specified according to IEC 62271-1:2007 Table 7.

The degree of protection against mechanical impacts of partitions, if any, shall be specified according to IEC 62262:2002.

5.105 Other provisions

5.105.1 Provisions for dielectric tests on cables

Enough space and proper means of access shall be provided to the high-voltage connection compartments and/or cable test points of the high voltage switchgear and controlgear in order to perform safely dielectric tests on the cables.

5.105.2 Accessories

Adequate space should be provided for keeping accessories, for example, earthing devices, operating handles, etc.

5.105.3 Operation aisle

The width of an operation aisle inside a prefabricated substation shall be adequate for performing any operation or maintenance. The width of such an aisle shall be 800 mm or greater. Doors of switchgear and controlgear inside the prefabricated substation shall either close in the direction of the exit or rotate such that they shall not reduce the width of the aisle. Doors in any open fixed position or mechanical drives protruding from the switchgear and controlgear shall not reduce the width of the aisle to less than 500 mm.

5.105.4 Labels

Labels for warning, manufacturers' instructions, etc., and those according to local standards and regulations shall be durable and clearly legible.

5.106 Sound emission

The transformer(s) are the main source of sound. On the other hand there is no requirement in high voltage and low voltage switchgear and controlgear relevant standards on this matter and the direct contribution of the high voltage and low voltage components to the sound level of the substation is considered, in principle, negligible. However, if required, the determination of substation sound level is to be made according to IEC 60076-10:2001, on the complete substation to take into account any possible interaction between the high voltage and low voltage switchgear and the enclosure with the transformer (see Annex BB).

5.107 Electromagnetic fields

Prefabricated substations 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 prefabricated substation 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 addition.

In principle, the type tests shall be made on a representative configuration of the components of a complete prefabricated substation. Components contained in a prefabricated substation shall be tested according to the relevant standards (refer to 1.2).

Because of the variety of types, ratings and possible combinations of components, it is not practical to make type tests with all the possible configurations of a prefabricated substation. The performance of any particular configuration may be substantiated by test data of comparable configurations.

Care shall be taken that none of the tested parameters of the substation are negatively affected.

The type tests and verifications comprise the following:

Mandatory type tests:Subclause

- a) tests to verify the insulation
level of the prefabricated substation 6.2
- b) tests to prove the temperature rise of the components contained in.....
a prefabricated substation 6.5
- c) 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
- d) tests to verify the degree of protection..... 6.7
- e) tests or calculations to verify the withstand of the enclosure of the prefabricated substation
against mechanical stress 6.101
- f) tests to verify the auxiliary and control circuits 6.10

Mandatory type tests, where applicable:

- g) Tests to assess the effects of arcing due to an internal arc fault (for prefabricated
substations class IAC-A IAC-B or IAC-AB)..... 6.102
- h) EMC compatibility tests 6.9

Optional type tests (subject to agreement between manufacturer and user):

- i) tests to verify the sound level of a prefabricated substation Annex BB
- j) Measurement or calculation of electromagnetic fields generated..... by a
prefabricated substation..... 6.103

Type tests may impair the suitability of the tested parts for subsequent use in service. Therefore, specimens 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 modifications.

The mandatory type tests (not including items f) and g) shall be carried out on a maximum of four test specimens.

6.1.2 Information for identification of specimens

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:

For the report regarding internal arc tests, refer to 6.102.6.

6.2 Dielectric tests

Since the high voltage switchgear, transformer(s) and low voltage switchgear contained in a prefabricated substation have been type-tested according to the relevant standards, this subclause applies only to the interconnection between the components when the installation conditions can affect their dielectric withstand. Therefore, the equipment to be subjected to dielectric tests is as follows:

- the interconnection between the high-voltage switchgear and the transformer;
- the interconnection between the transformer and the low-voltage switchgear.

6.2.1 Ambient air conditions during tests

Subclause 6.2.1 of IEC 62271-1:2007 is applicable.

6.2.2 Wet test procedure

Subclause 6.2.1 of IEC 62271-1:2007 is not applicable.

6.2.3 Conditions of switchgear and controlgear during dielectric tests

Subclause 6.2.3 of IEC 62271-1:2007 is not applicable. Refer instead to 6.2.101.

6.2.4 Criteria to pass the test

Subclause 6.2.4 of IEC 62271-1:2007 is applicable for the high voltage interconnection, with the following modification:

- the second paragraph of item a) that refers to wet test is not applicable.

6.2.5 Application of the test voltage and test conditions

Subclause 6.2.5 of IEC 62271-1:2007 is not applicable. Refer instead to 6.2.101.2.

6.2.6 Tests of switchgear and controlgear of $U_r \leq 245$ kV

Subclause 6.2.6 of IEC 62271-1:2007 is applicable for the high voltage interconnection with the following modifications.

The tests shall be performed with the applicable test voltages given in Table 1a or 1b of 4.2 of IEC 62271-1:2007. For test voltages to earth and between phases, columns (2) and (4) shall be used.

6.2.7 Tests of switchgear and controlgear of $U_r > 245$ kV

Subclause 6.2.7 of IEC 62271-1:2007 is not applicable.

6.2.8 Artificial pollution tests for outdoor insulators

Subclause 6.2.8 of IEC 62271-1:2007 is not applicable.

6.2.9 Partial discharge tests

Subclause 6.2.9 of IEC 62271-1:2007 is not applicable.

Some of the components used within the prefabricated substation can require by their relevant standards a partial discharge test.

6.2.10 Dielectric tests on auxiliary and control circuits.

Subclause 6.2.10 of IEC 62271-1:2007 is applicable.

6.2.11 Voltage test as condition check

Subclause 6.2.11 of IEC 62271-1:2007 is not applicable.

Additional subclauses:

6.2.101 Tests on the high-voltage interconnection

6.2.101.1 General conditions

The dielectric tests are not required when the high-voltage interconnection is made of high-voltage cables connected by type-tested earth-shielded connectors or by other types of terminations which have been type-tested on both the high-voltage switchgear and the transformer sides in the installation conditions of the prefabricated substation.

In all other cases, the interconnection shall be subjected to dielectric tests according to 6.2.101.2 to 6.2.101.4.

The tests may be carried out with the transformer replaced by a replica 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 switchgear. 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. Voltage transformers shall be disconnected.

6.2.101.2 Application of test voltage

6.2.101.2.1 On the high-voltage interconnections

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 and the auxiliary circuits shall be connected to the earthing conductor of the frame, and to the earth terminal of the test supply.

Where non-earth-shielded high-voltage connections are used, the non-conductive material shall likewise withstand the test voltages specified in 6.2.101.4. The methods specified in IEC 60243-1 should be applied to the tests to meet the relevant requirements.

6.2.101.2.2 In the case of an enclosure of non-conductive material

The insulation between non-earth-shielded live parts of the interconnections between the high-voltage switchgear and controlgear and the transformer and the accessible surface of the enclosure shall withstand the test voltages specified in 6.2.101.3 and 6.2.101.4.

In order to check compliance, accessible surfaces of the enclosure made from insulation materials shall be covered on the accessible side with a circular or square metal foil having an area as large as possible, but not exceeding 100 cm², which shall be connected to earth.

The foil shall be placed in the most unfavourable situation for the test. In case of doubt about the most unfavourable situation, the test shall be repeated with different situations.

The insulation between the non-earth-shielded live parts of the interconnections between the high-voltage switchgear and controlgear and the transformer and the inner surface of insulating parts of the enclosure facing these shall withstand during 1 min at least 150 % of the rated voltage of the prefabricated substation.

In order to check compliance with this requirement, accessible surfaces of the enclosure made from non-conductive materials between the non-earth-shielded connections of the high-voltage switchgear to transformer and the inner surface of the non-conductive materials of the enclosure shall be subjected to a power-frequency test of 150 % of the rated voltage for 1 min after covering the inner surface of the non-conductive material facing the non-earth-shielded connection by a metal foil connected to earth.

The methods specified in IEC 60243-1 should be applied to the tests to meet the relevant requirements.

6.2.101.3 Lightning impulse-voltage tests

The high-voltage interconnection shall be subjected to lightning impulse-voltage tests according to 6.2.6.2 of IEC 62271-1:2007 with the following addition.

To obtain the correct wave shape during the test it can be necessary to disconnect the power transformer or use a mock up instead.

During the lightning impulse-voltage tests, the grounded terminal of the impulse generator shall be connected to the earthing conductor of the enclosure of the prefabricated substation.

6.2.101.4 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 6.2.6.1 of 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 earthing conductor of the prefabricated substation.

To avoid the saturation of the power transformer during the test it can be necessary to disconnect the power transformer or use a mock up instead.

6.2.102 Tests on low-voltage interconnection

6.2.102.1 General conditions

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.

For the tests, the low-voltage interconnection is connected to the test supply through the low-voltage switchgear. Only the switching devices that are in series in the supply circuit are closed. All other switching devices are open.

6.2.102.2 Lightning impulse-voltage tests

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

Overvoltage suppressing means shall be disconnected or tests shall be made according to IEC 61180-1:1992.

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.

To obtain the correct wave shape during the test it can be necessary to disconnect the power transformer or use a mock up instead.

6.2.102.3 Verification of creepage distances

The shortest creepage distances between phases, between circuit conductors at different voltages and live and exposed conductive parts shall be measured. The measured creepage distance with respect to material group and pollution degree shall comply with the requirements in Table F.2 of IEC 60664-1:2007.

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 of IEC 62271-1:2007 is not applicable to the complete prefabricated substation.

6.5 Temperature-rise tests

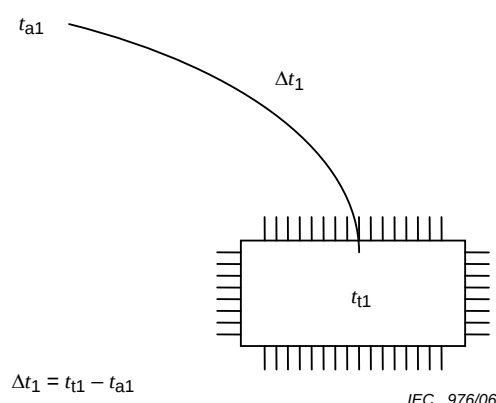
Subclause 6.5 of IEC 62271-1:2007 is not applicable.

Replacement:

6.5.101 General

The purpose of this test is to check that the design of prefabricated substation enclosure operates correctly and does not impair the life expectancy of the substation components. Their life expectancy will not be influenced if the acceptable limits of deterioration of insulation through thermal effects are not exceeded. Depending on the results of the temperature-rise test de-rating of the components may be necessary.

In particular, the test shall demonstrate that the temperature rises of the transformer inside the enclosure do not exceed those measured on the same transformer outside the enclosure by more than the value which defines the class of enclosure, for example, 5 K, 10 K, 15 K, 20 K, 25 K or 30 K. Refer to Figures 101 and 102.

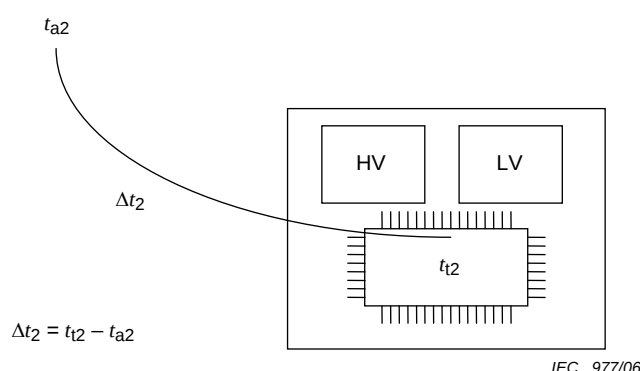
**Key**

t_{a1} ambient air temperature of the test room

t_{t1} transformer temperatures measured according to IEC 60076-2:2011 and IEC 60076-11:2004

Δt_1 temperature rise of the transformer outside an enclosure

Figure 101 – Measurement of transformer temperature rise in ambient air: Δt_1

**Key**

t_{a2} ambient air temperature of the test room

t_{t2} transformer temperatures measured according to IEC 60076-2:2011 and IEC 60076-11:2004

Δt_2 temperature rise of the transformer inside an enclosure

Figure 102 – Measurement of transformer temperature rise in an enclosure: Δt_2

6.5.102 Test conditions

The enclosure shall be complete with its components positioned as designed for service. The doors shall be closed and cable access points sealed to represent service conditions. The power and losses of the transformer should be those corresponding to the rated maximum power of the prefabricated substation, as defined in 4.101.1.

Transformer, high voltage and low voltage interconnections, and low-voltage equipment temperature-rise tests will be performed simultaneously.

The temperature-rise test of the high voltage switchgear is not required.

NOTE 1 It is a common practice that the high voltage switchgear operates at much lower current (load) than its rated one. Taking this into account, the additional increase of temperature caused by operating inside the

substation enclosure in most cases has no relevant influence on the required current capability of the high voltage switchgear.

The test will be executed in a room whose dimension, insulation or air condition will keep the ambient air temperature of the room within the ambient limits specified in 6.5.104.1.

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.

NOTE 2 In the case of an underground prefabricated substation, the test can be performed above ground. Experience has proven that the difference in temperature rise is not significant compared to underground.

6.5.103 Test methods

6.5.103.1 General

Two situations can be considered, depending of the type of transformers installed in the substation:

- liquid-filled transformers;
- dry-type transformers.

6.5.103.2 Liquid filled transformers

6.5.103.2.1 General

If the substation is equipped with liquid filled transformers two test methods can be used to carry out the temperature-rise tests.

The preferred one requires the use of independent sources of current to supply the high voltage and the low voltage sides of the substation.

An alternative method can be used if the laboratory can provide only one source of current or the design of the substation makes the connection arrangements of the two sources of current impossible.

6.5.103.2.2 Preferred method

6.5.103.2.2.1 General

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

6.5.103.2.2.2 Connection of supplies

In the following the connexion of supplies are explained.

a) High-voltage side.

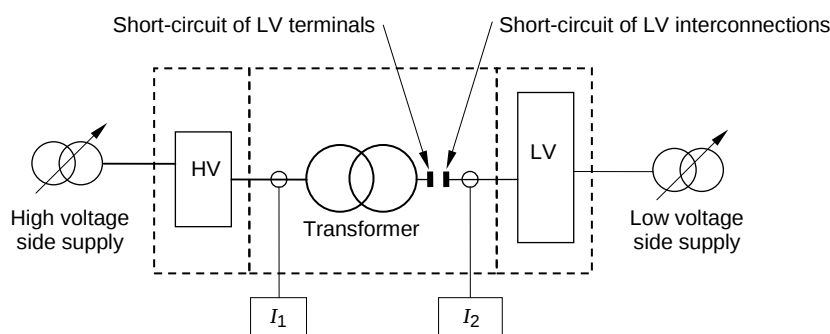
The transformer and high voltage switchgear with its tee-off (fuses with correct rating or circuit-breaker) shall be connected and the low-voltage outgoing terminals of the transformer shall be short-circuited. The supply shall be connected to the incoming high-voltage switchgear terminals. Refer to Figure 103.

b) Low-voltage side.

The temperature-rise test on the low-voltage side shall be carried out in accordance with 10.10 of IEC 61439-1:2011 and the following specific requirements.

The low-voltage switchgear shall be isolated from the transformer, at a convenient point as close as practicable to the transformer terminals. At this point adjacent to the transformer terminals, a short-circuit shall be applied to the connections between the

transformer and the low-voltage switchgear. Test current shall be applied to the low-voltage switchgear via the outgoing feeders.



IEC 0939/14

Key

I_1 sufficient current to generate the total rated losses of liquid filled transformers or high voltage rated current for dry type transformers

I_2 low voltage rated current of the transformer

Figure 103 – Diagram of the preferred temperature-rise test method

6.5.103.2.2.3 Application of test currents

a) High-voltage side.

The transformer circuit is supplied with sufficient current to generate the total rated losses of the transformer, at its reference temperature, using the method defined in IEC 60076-2:2011.

This test will require a small percentage of current above the rated current flowing through the complete circuit so as to compensate for the transformer no-load losses.

NOTE During test, the resistance will vary according to the temperature of the transformer. Thus, the test supply current is varied accordingly to maintain the generated losses constant and equal to the total transformer losses throughout the test.

b) Low-voltage side.

The low-voltage circuit is supplied with the rated low-voltage current of the tested transformer.

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.

In case outgoing feeders are equipped with fuses, these fuses shall be present during test and shall represent the service conditions.

6.5.103.2.3 Alternative method

6.5.103.2.3.1 General

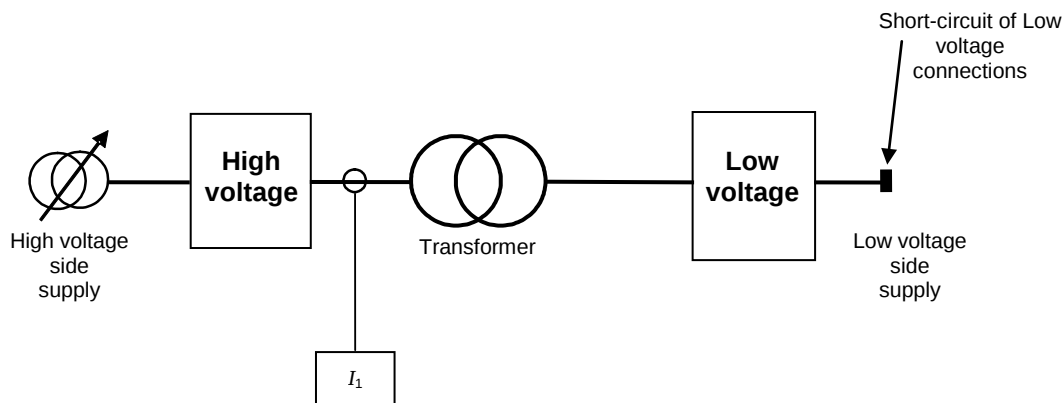
This method requires one single supply of current.

6.5.103.2.3.2 Connection of supplies

The high voltage switchgear and controlgear, the high voltage/low voltage power transformer and the low voltage switchgear and controlgear shall be connected. The outgoing terminals of the low voltage switchgear and controlgear shall be short-circuited. The supply shall be connected to the incoming terminals of the high voltage switchgear and controlgear (see Figure 104).

6.5.103.2.3.3 Application of test currents

The substation is supplied with sufficient current to generate the total rated losses of liquid filled transformers, at its reference temperature, using the method defined in the relevant product standard.



IEC 0940/14

Key

I_1 sufficient current to generate the total rated losses of liquid filled transformer high voltage or rated current for dry type transformers

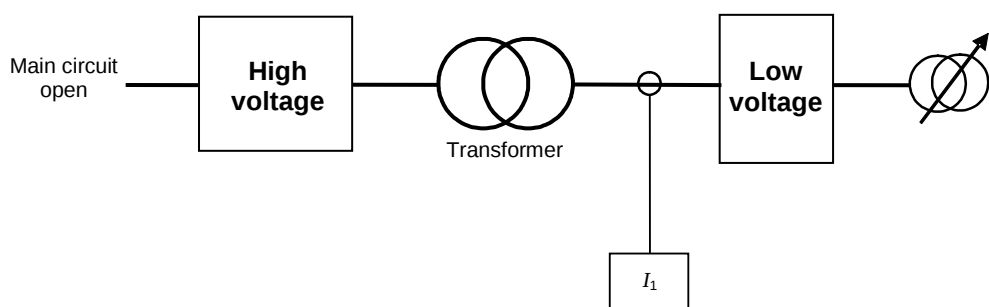
Figure 104 – Diagram of the alternative temperature-rise test method

6.5.103.3 Dry-type transformers

For a temperature-rise test on a prefabricated substation equipped with a dry-type transformers 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 transformer via one of the outgoing feeders of the low voltage switchgear. The high-voltage winding is connected to the high voltage switchgear. High voltage main circuit is open (see Figure 105). After thermal equilibrium has been reached of the windings and magnetic core individual winding temperature-rises of the transformer shall then be measured.



IEC 0941/14

Key I_1 no load current of the transformer**Figure 105 – Diagram for open-circuit test****Step 2:**

The connection of supplies is made according to 6.5.103.2.2.2 (Figure 103) or 6.5.103.2.3.3 (Figure 104).

The high voltage side of the prefabricated substation is supplied with the high voltage rated current of the high voltage/low voltage power transformer. The low voltage side of the substation is supplied with the low voltage rated current of the high voltage/low voltage power transformer.

When the steady-state condition of the windings and magnetic core is obtained, the temperature rises of the individual windings are measured together with the temperature rises of the low voltage switchgear and the interconnections.

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.

6.5.104 Measurements**6.5.104.1 Measurement ambient air temperature**

The ambient air temperature is the average temperature of the air surrounding the prefabricated substation (for an enclosed substation, it is the air outside the enclosure). 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 prefabricated substation at about the average height of its current-carrying parts and at a distance of about 1 m from the prefabricated substation. In case of underground substations, these devices shall be placed at the middle-height of the ventilation openings. 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. If this is not possible because of unfavourable temperature conditions in the test room, the temperature of an identical prefabricated substation under the same conditions, but without current, can be taken as a substitute for the ambient air temperature. This additional prefabricated substation shall not be subjected to an undue amount of heat.

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.

6.5.104.2 Transformer

The top oil temperature rise for liquid-filled transformers shall be measured as given in IEC 60076-2:2011. The average winding temperature rises for dry-type transformers shall be measured as given in IEC 60076-11:2004. (See 6.5.103.3).

6.5.104.3 Low voltage switchgear

The low-voltage switchgear and controlgear temperature rises shall be measured as given in 10.10 of IEC 61439-1:2011.

It is not necessary to repeat the temperature-rise test, when other configurations, different from the tested one, are used, unless the losses in the low voltage side are higher than in the tested configuration, or there are indications that the new low voltage switchgear itself may not perform within the specified temperature limits.

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

The air temperature in the location where electronic equipment may be installed shall be measured.

6.5.104.4 High voltage switchgear

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

The air temperature in the location where electronic devices may be installed shall be measured.

6.5.105 Acceptance criteria

The prefabricated substation shall be deemed to have passed the temperature-rise test if:

- a) the transformer temperature rises do not exceed the corresponding temperature rises measured on the same transformer without an enclosure by more than the temperature class of the prefabricated substation (see Figures 101 and 102);

Acceptance criteria:

$$\Delta t = \Delta t_2 - \Delta t_1$$

Class 5 : $\Delta t \leq 5 \text{ K}$

Class 20: $\Delta t \leq 20 \text{ K}$

Class 10: $\Delta t \leq 10 \text{ K}$

Class 25: $\Delta t \leq 25 \text{ K}$

Class 15: $\Delta t \leq 15 \text{ K}$

Class 30: $\Delta t \leq 30 \text{ K}$

NOTE The temperature rise test can be used to determine the class of enclosure as long as criteria b, c and d are fulfilled

- b) the temperature rises and temperatures of the terminals of the high-voltage interconnections do not exceed the requirements of 6.5.6 of IEC 62271-1:2007;
- c) the temperature rises and temperatures of low-voltage interconnections and low-voltage switchgear do not exceed the requirements of 9.2 of IEC 61439-1:2011;
- d) the temperature rises and temperatures of the substation enclosure do not exceed the requirements of IEC 62271-1:2007 for accessible parts expected to be touched in normal operation (see Table 3 of IEC 62271-1:2007).

6.6 Short-time withstand current and peak withstand current tests

Since the high voltage switchgear, transformer(s) and low voltage switchgear contained in a prefabricated substation have been type-tested according to the relevant standards, this clause applies only to the high voltage and low voltage interconnections.

Type tested high voltage and low voltage interconnections do not need to be tested unless the installation conditions can affect the short circuit withstand performance.

Non type tested high voltage interconnections shall be tested following the procedure described in 6.6 of IEC 62271-1:2007 with the addition of the following paragraphs.

The test currents will be applied in such a manner that the complete high voltage connection to the transformer is tested. All parts supporting the interconnection shall be maintained in place, as in service condition, during the test. The test can be performed feeding the interconnection through the high voltage switchgear.

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 are applicable.

Non type-tested low voltage interconnections shall be tested following the procedure described in IEC 61439-1:2011 for low voltage switchgear. The test currents 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.

The earthing conductor system of the prefabricated substation shall be tested according to 6.6 of IEC 62271-1:2007. It is not required to repeat the type tests on the main earthing circuits of individually type-tested components.

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

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

6.7 Verification of the protection

Subclause 6.7 of IEC 62271-1:2007 is applicable.

6.8 Tightness tests

Subclause 6.8 of IEC 62271-1:2007 is not applicable to the substation assembly.

6.9 Electromagnetic compatibility tests (EMC)

For high voltage switchgear and controlgear, 6.9 of IEC 62271-1:2007 is applicable, with the exception of the radio interference voltage test.

For low voltage switchgear and controlgear, 10.12 of IEC 61439-1:2011 is applicable.

A test on a complete substation is not necessary provided that the high voltage switchgear and low voltage switchgear have been tested according to the relevant standards.

6.10 Additional tests on auxiliary and control circuits

6.10.1 General

Subclause 6.10.1 of IEC 62271-1:2007 is applicable.

6.10.2 Functional tests

Subclause 6.10.2 of IEC 62271-1:2007 is not applicable:

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 prefabricated substation.

The tests shall be performed with the upper and lower value limits of the supply voltage defined in 4.8.

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

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 applicable with the following limitations:

- tests do not apply for indoor switchgear and controlgear operated under normal service conditions as defined by Clause 2 of IEC 62271-1:2007;
- when the tests as stated in 6.10.5 of IEC 62271-1:2007 have been performed on the separate components of a representative auxiliary and control circuit, no further environmental tests are needed;
- when tests are performed, 6.10.5 of IEC 62271-1:2007 is applicable on a typical layout 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 procedures for vacuum interrupters

Subclause 6.11 of IEC 62271-1:2007 is not applicable to the prefabricated substation.

Additional subclauses:

6.101 Calculations and mechanical tests

6.101.1 Wind pressure

The mechanical effects of the wind pressure on the prefabricated substation may be verified by calculation. Refer to 5.101

6.101.2 Roof loads

The mechanical effects of loads on the roof of the prefabricated substation may be verified by calculation. Refer to 5.101

6.101.3 Mechanical impacts

Mechanical impact tests shall be performed on external places of the enclosure that are likely to be weak, for example, doors, covers and ventilation openings. Refer to Annex CC for the test procedure. Refer to 5.101

6.102 Internal arc test

6.102.1 General

These tests are applicable to prefabricated substations, intended to be qualified as class IAC-A or IAC-B or IAC-AB 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 prefabricated substation in the high voltage switchgear and the high voltage interconnections with all doors closed (IAC-B) or with the door(s) used to give access to the high voltage switchgear open (IAC-A) (see 4.102).

This classification is intended to offer a tested level of protection in the event of internal arcs to personnel operating the substation in normal operating conditions and with its high voltage switchgear and controlgear in normal service position, as defined in the relevant standard (Class IAC-A) and to persons in the vicinity of the substation with its doors closed (Class IAC-B).

NOTE This standard covers only internal arcs occurring in the high voltage side of the substation, including high voltage interconnections (for example, between high voltage switchgear and power transformers).

Internal arcs within the transformers or the low voltage switchgear are not taken into account (see 5.103 for explanation of this exclusion).

Internal arcs inside the substation can occur in a number of locations and can cause various physical phenomena. For example, the energy resulting from an arc developed in the open air within the substation or in any insulating fluid within the enclosure of the high voltage switchgear will cause an internal overpressure and local overheating which will result in mechanical and thermal stressing of the enclosure of the substation. Moreover, the materials involved may produce hot decomposition products, either gaseous or vaporous, which may be discharged within the substation and later to the outside of it.

The internal arcing class IAC makes allowance for internal overpressure acting on covers, doors, floor(s), etc. It also takes into consideration the thermal effects of the 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 are intended to verify the effectiveness of the design in protecting persons in case of an internal arc. It does not cover all the effects that may constitute a hazard, such as the presence of gases with potential toxic characteristics that can be present after the fault.

The hazard of the propagation of fire after an internal arc to combustible materials or equipment placed in the proximity of the substation is not covered by this test.

6.102.2 Test conditions

To be qualified as class IAC-A or IAC-B, a substation shall be subjected to a test series on the high voltage switchgear and, if applicable, on the high voltage interconnection. To be

qualified as class IAC-AB, the substation shall be subjected to the test series for IAC-A and IAC-B.

For required tests, see Figures AA.4, AA.5, AA.6 and AA.7, showing the principles for the selection of tests and the corresponding number and type of tests to be performed.

Any device (e.g. protection relay with arc light detection or device transferring the current to a metallic short circuit) that may automatically trip the circuit before the end of the prospective duration of the test shall be made inoperative during the test. If these devices are integral part of the substation which prevents to make them inoperative without modification of the construction, the substation may be tested with the device operative; but the substation shall be qualified according to the actual duration of the arc. The test current shall be maintained for the rated short-circuit duration of the main circuit.

In the case of prefabricated substations without high voltage switchgear and having incoming high voltage cables directly connected to the bushings of the transformer, testing shall be carried out as follows:

- a three-phase test in the case of connections non insulated 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 the case where open-air fuse-bases devices are used instead of high voltage switchgear, a three-phase test shall be performed at the feeding side of the fuse-bases.

6.102.3 Arrangement of the equipment

The following points shall be observed:

- tests shall be carried out on a prefabricated substation or representative part of it not previously subjected to arcing, or, if subjected, being in a condition which does not affect the result of the test;
- the substation shall be fully equipped. Mock-ups of internal components are permitted provided they have the same volume and external material as the original components;
- the substation shall be connected to earth at the point provided.

6.102.4 Test procedure

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

6.102.5 Criteria to pass the test

6.102.5.1 Prefabricated substation Class IAC-A

A substation is qualified as class IAC-A provided that:

- the five criteria as in 6.106.5 of IEC 62271-200:2011 have been met after every internal arc test on the high voltage switchgear, listed in Figure AA.4;

NOTE 1 Where the design of the substation includes a space below the floor to receive the exhausting gases, the behaviour of the floor is assessed from the point of view of the safety of the operator standing on it.

- where applicable (see Figure AA.6), 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.

NOTE 2 The value of 60 g is taken to follow IEC 62271-200:2011. In case of modification of IEC 62271-200:2011 in this respect, this standard adopts the new value.

Criterion no.3 Arcing does not cause holes in the accessible side of the envelope or protective screen, if any, of the high voltage interconnection.

Criterion no.4 Indicators do not ignite due to the effect of flames or hot gases.

If indicators have been ignited, the assessment criterion may be regarded as having been met, if proof is established of the fact that the ignition was caused by glowing particles rather than hot gases. 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.

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

6.102.5.2 Prefabricated substation Class IAC-B

A substation is qualified as class IAC-B provided the following criteria have been met after the test listed in Figures AA.5 for the high voltage switchgear and AA.7, where applicable, for the high voltage interconnections.

Criterion No.1 Correctly secured doors and covers of the substation do not open. Deformations are accepted, provided that no part comes as far as the position of the indicators in every side. The substation needs not to comply with its IP code after the test.

Criterion No.2 No fragmentation of the enclosure occurs within the time specified for the test.

No material projections of an individual mass of 60 g or more occur.

NOTE The value of 60 g is taken to follow IEC 62271-200:2011. In case of modification of IEC 62271-200:2011 in this respect, this standard adopts the new value.

Criterion No.3 Arcing does not cause holes in the declared accessible faces of the enclosure from the floor level up to a height of 2 m.

Criterion No.4 Indicators do not ignite due to the effect of hot gases or burning liquids.

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.

Criterion No.5 The enclosure remains connected to its earthing point. Visual inspection is generally sufficient to assess compliance. In case of doubt, the continuity of the earthing connection shall be checked.

6.102.5.3 Prefabricated substation Class IAC-AB

Substations which meet the requirements according to 6.102.5.1 and 6.102.5.2 are qualified as class IAC-AB.

6.102.6 Test report

The following information shall be given in the test report.

- rating and description of the substation 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 metal-enclosed switchgear and controlgear 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 (test specimen and mounting frame of indicators);
- applied voltage and frequency;
- for the prospective or test current:
 - a) r.m.s. value of the a.c. component during the first three half-cycles;
 - b) highest peak value;
 - c) average value of the a.c. 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 6.102.4;
- photographs of the specimen under test, before and after test;
- other relevant remarks;
- arrangement of pressure relief ducts and space below the floor if used to exhaust gases.

6.102.7 Transferability of tests results

The validity of the results of a test carried out in a particular prefabricated substation design or representative part of it can be extended to another one (refer to 6.1) equipped with the same type of high voltage switchgear and controlgear (refer to 6.106.7 of IEC 62271-200:2011), 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 and layout of the prefabricated substation;
- structure and strength of the enclosure, floor and partitions, if any;
- ventilation grids;
- performance of the pressure release device, if any.

6.103 Measurement or calculation of electromagnetic fields

General guidance regarding the measurement or calculation of electromagnetic fields in high voltage/low voltage prefabricated substations are given in IEC/TR 62271-208:2009.

7 Routine tests

Clause 7 of IEC 62271-1:2007 is not applicable to the prefabricated substation.

The routine tests shall be made on each complete prefabricated substation or on each transport unit and, whenever practicable, at the manufacturer's factory to ensure that the product is in accordance with the equipment on which the type test has been carried out.

Each component shall be previously routine tested in accordance with their component standard, and for the assembly the following routine tests and verifications apply:

- dielectric test on the high voltage interconnection in accordance with 7.101;
- test on auxiliary and control circuits in accordance with 7.102;
- functional tests in accordance with 7.103;
- verification of correct wiring in accordance with 7.104;
- test after assembly on site in accordance with 7.105.

Replacement:

7.101 Dielectric test on the high voltage interconnection

A power-frequency voltage test shall be performed according to 7.1 of IEC 62271-1:2007 on the high voltage interconnection between high voltage switchgear and the transformer.

If prefabricated high voltage interconnections are routine tested separately as a subassembly of the substation, a power-frequency test is not needed.

7.102 Voltage withstand tests on auxiliary circuits

Refer to 7.2.4 of IEC 62271-1:2007.

7.103 Functional tests

In case of doubt it shall be proved that it is possible to perform all the necessary commissioning, operational and maintenance activities on the prefabricated substation.

7.104 Verification of correct wiring

It shall be verified that the wiring conforms to the diagram.

7.105 Tests after assembly on site

Dielectric tests on the high voltage interconnections previously performed in the factory do not need to be repeated on site. However, prefabricated substations, which are partially disassembled for transport and then assembled on site, shall be tested to ensure correct operation in accordance with 7.103 and 7.104.

8 Guide to the selection of prefabricated substation

Clause 8 of IEC 62271-1:2007 is not applicable to prefabricated substation.

Replacement:

8.101 General

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

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

Table 104 provides a summary of the considerations for specifying prefabricated substations.

8.102 Selection of rated values

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

It is desirable that the rated values be chosen as suggested in this standard regarding the characteristics of the system as well as its anticipated future development. The complete list of ratings is given in Clause 4. Other parameters, such as local atmospheric and climatic conditions and the use at altitudes exceeding 1 000 m, shall also be considered.

8.103 Selection of class of enclosure

The class of enclosure is selected from the (average) ambient temperature at the site and the load factor and temperature rises of the transformer. For a given rated class of enclosure, the permissible load factor of the transformer depends on the temperature rises of the transformer and the ambient temperature at the substation site.

Annex DD may be used to determine the class of the enclosure or the load factor of the transformer. It gives some examples to demonstrate relationships and constraints between class of enclosure, load factor and ambient temperature for the standard temperature rise limits as defined in IEC 60076-2:2011 and IEC 60076-11:2004. For variable load conditions, a correction factor may be applicable according to IEC 60076-7 or IEC 60076-12:2008.

Information given by the manufacturer on the class of enclosure for a specific substation is based on the type test of the substation with given ventilation opening grids and with its maximum power and transformer losses applied continuously (in accordance with 6.5).

This continuous full-load condition might be more demanding and differ substantially from the expected loading cycle in service. In such a case, the ventilation may be unnecessarily strong, compared with the required one, to avoid overheating of the transformer.

To reduce any possible undesirable side-effect of this over-specification (for example, cost, excessive hazard of pollution of the equipment), the user, after an assessment of the expected service condition, could specify a higher temperature class of enclosure having less ventilation with the same nominal rating and losses. The user may also specify a higher temperature class, if maximum power and transformer losses are lower than the type tested version.

These deviations/modifications compared to type-test figures should be discussed with the manufacturer of the substation.

NOTE 1 The ageing rate of the transformer increases with the temperature of the transformer according to IEC 60076-7:2005, Clause 6 and IEC 60076-12:2008, Clause 5.

NOTE 2 The temperature rise in the interior of the substation can affect the performance of parts of the high voltage switchgear. As an example, the guide for the application of fuses (IEC/TR 62655) is applied.

NOTE 3 The increase of air temperature inside the prefabricated substation can affect temperature sensitive equipment (e.g.: electronic equipment) installed in a substation. In such a case measures can be taken according to the instructions of the supplier of the temperature sensitive equipment.

8.104 Internal arc fault

8.104.1 General

When selecting a prefabricated substation, the risk associated to internal arc faults should be properly addressed, with the aim of providing 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 51:1999, risk is the combination of the probability of occurrence of a harm and the severity of the harm (refer to Clause 5 of ISO/IEC Guide 51:1999 on the concept of safety).

Therefore, the selection of a suitable substation, in relation to a potential 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 51:1999. This procedure is based on the assumption that the user has a role to play in the reduction of risk.

8.104.2 Causes and preventive measures

Experience has shown that faults are more likely to occur in some locations inside an enclosure than in others. For guidance, Table 102 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 arcs.

8.104.3 Supplementary protective measures

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 at limiting the external consequences of such an event.

The following are some examples of these measures:

- rapid fault clearance times initiated by detectors sensitive to light, pressure or heat or by differential busbar protection;
- remote operation;
- pressure relief devices, pressure resistant enclosure (including doors, floors, ventilation grids, 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/or use of gas flow cooling devices.

Table 102 – Locations, causes and examples of measures decreasing the probability of internal arcs

Locations where internal arc faults are most likely to occur (1)	Possible causes of internal arc faults (2)	Examples of possible preventive measures (3)
Connection compartments	Inadequate design	Selection of adequate dimensions Use of appropriate materials
	Faulty installation	Avoidance of crossed cable connections Checking of workmanship on site Correct torque
	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 Supplemental heating to prevent condensation.
	Faulty assembly	Checking of workmanship by suitable means Correct torque Adequate locking means
	During racking-in or racking out of withdrawable parts. E.g. due to dielectric change of state in combination with damage or distortion of the plugging contacts and/or shutters	Checking of workmanship at site.
Instrument transformers	Ferro-resonance	Avoidance of these electrical influences by suitable design of the circuit
	Short circuit on low voltage side for voltage transformers	Avoid short circuit by proper means, for example, 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 and/or thermal stresses	Partial discharge routine tests. Correct torque on interconnections Reduce thermal influence from solar radiation
	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
	Over-voltages	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, earth-shielded type preferred

8.104.4 Considerations for the selection and installation

The user shall make a proper selection, taking into account the characteristics of the network, operating procedures and service conditions. As well, considering the protection of the persons during service, it shall be considered that not all prefabricated substations will be IAC classified.

As a guide for the selection of the adequate prefabricated substation with respect to internal arcs, the following criteria may be used:

- where the risk is considered negligible, prefabricated substation IAC classified is not necessary;
- where the risk is considered to be relevant, IAC classified 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. In addition, the installation instructions of the manufacturer should be followed (refer to Clause 10). In particular, the location of personnel during an internal arc event is important. In case of walk-in-type substations the manufacturer should indicate which areas of the prefabricated substation are classified as 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 personnel injury.

The protection of persons under normal operating conditions as defined in 6.102.1 in case of an internal arc is not only a matter of design and IAC classification of the switchgear and controlgear, but depends also on the installation conditions. The arc energy resulting from an arc developed in any insulating fluid within the high voltage switchgear or high voltage interconnection will cause an internal overpressure and local overheating which will result in mechanical and thermal stressing of the substation enclosure. Moreover, the materials involved may produce hot decomposition products, either gaseous or vaporous, which may be discharged inside and outside of the substation. From this point of view, immediate evacuation and further ventilation of the prefabricated substation enclosure, before re-entering the site, is required and appropriate measures should be considered for the installation on site.

8.104.5 Internal arc test

The internal arc test is intended to verify the effectiveness of the design in protecting persons in case of an internal arc, when the prefabricated substation is in normal service condition. The test does not assess the behavior of the prefabricated substation under any condition of maintenance or work, when parts of the enclosure, including the low-voltage compartment, are open or dismantled.

The internal arc test is only applicable to prefabricated substations intended to be qualified as IAC classified.

NOTE It is in general not possible to calculate the permissible arc duration for a current which differs from that used in the test. The maximum pressure during the test will generally not decrease with a shorter arcing time and there is no universal rule according to which the permissible arc duration can be increased with a lower test current.

8.104.6 IAC classification

Classification IAC gives a tested level of protection of persons under normal operating conditions as stated in 6.106.2 of IEC 62271-200:2011. It is concerned with personnel protection under these conditions; it is not concerned with personnel protection under maintenance conditions nor with service continuity.

In the case where classification IAC is proven by the tests, according to 6.103, the prefabricated substation will be designated as follows:

- General: classification IAC (initials for Internal Arc Classified);
- Accessibility: A, B or AB;
- Rated values: arc fault current in kiloamperes (kA), and duration in seconds (s). Single phase values may be assigned to prefabricated substation, having one or more compartments where its construction will prevent the arc from becoming multiphase, as demonstrated during the internal arc test. The relationship between neutral earthing and single phase-to-earth arc fault current is given in Table 103. Users should specify a single phase to earth arc fault current rating when they require a value higher than 87 % of the three phase rating, or can accept a lower value, depending on the neutral earthing.

For the three classes, it is important to realize that the tests for Internal Arc Classification relate to a given configuration of the substation in respect of type and position of the transformer, high voltage and low voltage switchgear. The outcome of the test is dependent on the specific type of switchgear in the substation.

The decision of an internal arc class restricts the free choice of switchgear in the substation.

When using switchgear with an internal arc classification in accordance with IEC 62271-200:2011, in verification of internal arcing class IAC-A, IAC-B, the layout of the equipment in the substation shall respect the installation conditions reproduced by the room simulation of the original type test (see also Figures AA.4 and AA.5).

Table 103 – Single phase-to-earth arc fault current depending on the network neutral earthing

Type of network neutral earthing	Single phase-to-earth arc fault current
Isolated neutral	up to 87 % of the three-phase rated arc fault current
Impedance earthed neutral	100 % of the rated single phase-to-earth arc fault current
Solidly earthed neutral	100 % of the three-phase rated arc fault current
NOTE 1 If the rated single phase-to-earth arc fault current covers the condition of solidly earthed neutral, all other earthing conditions of the network are also covered.	
NOTE 2 For systems with isolated neutral, the maximum single phase-to earth fault current could theoretically reach levels up to 87 % of the three phase rated arc fault current (single phase-to-earth fault current under conditions of double-earth fault). However, double-earth faults at independent locations in the proximate vicinity of a single phase-to-earth fault subjected switchgear and controlgear have a very low probability. Therefore this condition cannot be applicable and the user can specify a reduced single phase-to-earth arc fault current rating.	

8.105 Summary of technical requirements, ratings and optional tests

Technical requirements, ratings and optional tests for prefabricated substation are summarized in Table 104.

Table 104 – Summary of technical requirements and ratings for prefabricated substations (1 of 4)

Information Service conditions		Subclause or clause of this standard	Reference to	User requirements as appropriate
Ambient air temperature: Average Minimum Maximum Solar radiation Altitude Pollution Ice coating Wind-driven sand Wind-driven snow Wind Condensation or precipitation Risk of earth tremors Risk of other vibrations Induced electromagnetic disturbance in secondary system	°C °C °C W/m ² m Level Class m/s	2	IEC 62271-1:2007 IEC 60721-2-4:1987+A1:1988 high voltage:IEC 62271-1:2007 low voltage:IEC 61439-1 IEC 60815 IEC 62271-1:2007 IEC 60721-2-2:2012 IEC 60721-2-2:2012 IEC 60721-2-2:2012 IEC 60721-2-2:2012 IEC/TR 62271-300:2006 IEC 60721-1:1990+A1:1992+A2:1995 IEC 62271-1:2007	

Ratings of the prefabricated substation

Information Ratings of the prefabricated substation		Subclause or clause of this standard	Reference to	User to indicate requirement as appropriate
Rated high voltage Rated low voltage Rated voltage for windings of the transformer	kV V kV/V	4.1	high voltage: IEC 62271-200:2011 low voltage: IEC 61439-1 and IEC 60947-1 HV/LV transformer: IEC 60076-1:2011	
Number of phases		9.1	IEC 62271-202	
Type of high voltage neutral earthing Maximum expected value of earth fault current	kA	9.1	User IEC 62271-202	
Type of low voltage neutral earthing Maximum expected value of earth fault current	kA	9.1	User IEC 62271-202	
Rated maximum power of the prefabricated substation	kVA	4.10.1	IEC 60076-1:2011 IEC 60076-11:2004	
Class of enclosure	Class	4.101.2	IEC 62271-202	

Table 104 (2 of 4)

Information Ratings of the prefabricated substation		Subclause or clause of this standard	Reference to	User to indicate requirement as appropriate
Internal arc classification Fault current Duration	IAC- A/IAC- B /IAC- AB kA s	5.103	IEC 62271-202	
Rated insulation levels Rated short-duration power-frequency withstand voltage (U_d) Common value Across isolating distance Rated lightning impulse withstand voltage (U_p) Common value Across isolating distance	High voltage/low voltage kV/V kV/V kV/V kV/V	4.2	high voltage:IEC 62271- 1:2007 low voltage:IEC 61439 1 IEC 60947-1	
Rated frequency (f_r)	Hz	4.3	high voltage:IEC 62271- 1:2007 low voltage:IEC 61439- 1 IEC 60947-1	
Rated normal current (I_r) high voltage switchgear Incomer Busbar Feeder Interconnection between high voltage and transformer low voltage switchgear Incoming Busbar low voltage outgoings Auxiliary circuits	A A A A A A A A A	4.4	high voltage:IEC 62271- 1:2007 low voltage:IEC 61439- 1	
Rated short-time withstand current (I_k) High-voltage Low-voltage Earth circuit	kA kA kA	4.5	IEC 62271-1:2007 IEC 61439-1 IEC 62271-1:2007	
Rated peak withstand current (I_p) High-voltage Low-voltage Earth circuit	kA kA kA	4.6	IEC 62271-1:2007 IEC 61439-1 IEC 62271-1:2007	
Rated duration of short circuit (t_k) High-voltage Low-voltage Transformer Earthing circuit	s s s s	4.7	IEC 62271-1:2007 IEC 61439-1 IEC 60076-5:2006 IEC 60076-11:2004 IEC 62271-1:2007	

Table 104 (3 of 4)

Information Ratings of the prefabricated substation		Subclause or clause of this standard	Reference to	User to indicate requirement as appropriate
Rated supply voltage of closing and opening devices and of auxiliary and control circuits (U_a)	High voltage/low voltage	4.8	IEC 62271-1:2007 IEC 61439-1	
Closing and tripping	V			
Indication	V			
Control	V			
Rated supply frequency of closing and opening devices and of auxiliary circuits		4.9		
High-voltage	Hz		IEC 62271-1:2007	
Low-voltage	Hz		IEC 61439-1	

Design and construction of the substation

Information Design and construction of the prefabricated substation		Subclause or clause of this standard	Reference to	User to indicate requirement as appropriate
Degree of protection of the enclosure with closed doors		5.13	IEC 60529:1989+A 1:1999+A2:2013	
Degree of protection of the low voltage compartment				
Degree of protection of the high voltage compartment				
Degree of protection of the transformer compartment				
Type of components: High voltage switchgear Low voltage switchgear Transformer			User	
Substation type: Operated from inside Operated from outside At ground level Partially below ground level Below ground level			User	
Rated values of transformer(s)		4.101	IEC 60076-1:2011 IEC 60076-11:2004	
Power	kVA			
	kVA			
Load loss P_{cu}	W			
No-load loss P_0	W			
No-load current I_0	A			
Short-circuit impedance	%			
Temperature rise	K		IEC 60076-2:2011	
Insulation			IEC 60076-3:2013	
Materials of the enclosure		5.104.2.2	IEC 62271-202	
Surface treatment of the enclosure		9.1	IEC 62271-202	
Mechanical impact energy	J	6.101.3	IEC 60068-2- 75:1997	

Table 104 (4 of 4)**Design and construction of the substation (continued)**

Information Design and construction of the prefabricated substation		Subclause or clause of this standard	Reference to	User to indicate requirement as appropriate
Mechanical stresses by snow load on the roof roof loads wind pressure	N/m ² N/m ² N/m ²	9.1	IEC 62271-202 IEC 62271-202 IEC 62271-1:2007	
Dimensions and weights Maximum length Maximum width Total height Length at ground level Width at ground level Height above ground level Mass of each transport unit Total mass of the prefabricated substation	mm mm mm mm mm mm kg kg	9.1	IEC 62271-202	
Sound level	dB		IEC 60076-10:2001	

9 Information to be given with enquiries, tenders and orders

Clause 9 of IEC 62271-1:2007 is not applicable. Instead the following applies

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

9.1 Information with enquiries and orders

Subclause 9.1 of IEC 62271-1:2007 is not applicable.

When enquiring about or ordering a prefabricated substation, 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, such as altitudes higher than 1 000 m, rapidly changing temperatures, wind-driven sand and snow, the unusual exposure to vapour, moisture, fumes, explosive gases, excessive dust or salt (for example, 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 prefabricated substation:

- 1) rated high voltage and low voltage switchgear voltages and operating voltages of the transformers;
- 2) rated maximum power of the prefabricated substation;
- 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 components (high-voltage and low-voltage switchgear and controlgear, transformer, interconnections);
- 9) number of phases;
- 10) type of components (for example, air or gas-insulated type switchgear and controlgear, liquid-immersed transformer);
- 11) class of enclosure and load factor;
- 12) circuit diagrams;
- 13) degree(s) of protection of contained high voltage and low voltage switchgear, the enclosure of the substation and its partitions if any;
- 14) substation situated below ground level, partially below ground level or at ground level;
- 15) operated from inside or outside;
- 16) material and surface treatment of the enclosure;
- 17) mechanical stresses (for example, snow loads, roof loads, wind pressure, etc.);
- 18) maximum admissible dimensions and special requirements affecting the layout of the prefabricated substation (general arrangement);
- 19) 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);
- 20) internal arc classification (if any), value of the test current in kA and duration in second(s), and corresponding accessibility type;
- 21) any particular design arrangement such as earthing circuit solution (refer to Annex EE), acceptability of using, where applicable, the enclosure as part of the earthing system (refer to 5.3), type of locking devices, labels, etc.
- 22) Loss of service continuity category (LSC1, LSC2, LSC2A or LSC2B) of the high voltage functional units of the high voltage switchgear and controlgear

Beyond these items the enquirer should indicate every condition which might influence the tender or the order, such as special mounting or erection conditions (for example, vicinity of surrounding walls, embedding in embankment, elements that can affect ventilation, treatment of exhausting gases, specific dimensions, etc.), the location of the external high-voltage connections, local fire and sound regulations, and expected lifetime. Information should be supplied if special type tests are required.

9.2 Information with tenders

Subclause 9.2 of IEC 62271-1:2007 is not applicable. Instead the following applies

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 certificates or reports on request, including the justification of the selection of internal arc tests for IAC-A or IAC-B or IAC-AB, where applicable. The list shall include type tests performed on the main electrical components (high voltage switchgear, power transformer and low voltage switchgear);
- c) constructional features, for example:
 - 1) mass of each transport unit;
 - 2) total mass of the prefabricated substation;

- 3) overall dimensions and the layout (general arrangement) of the prefabricated substation;
 - 4) maximum admissible dimensions of the transformer;
 - 5) information of the arrangement of the external connections;
 - 6) transport and installation requirements;
 - 7) information on operation and maintenance;
 - 8) information required by the relevant standard of the components;
 - 9) minimum recommended clearances around the substation;
 - 10) volume of the oil retention tank (if any).
- d) list of recommended spare parts, which should be procured by the user on request;
 - e) characteristics of the materials of the enclosure and, if applicable, the surface treatments or coating, and the tests carried out to assess their performances under specified environmental conditions;
 - f) statement declaring that the substation complies with this standard.

10 Transport, storage, installation, operation, maintenance

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

It is essential that the transport, storage and erection of a prefabricated substation 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 prefabricated substation. 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 prefabricated substation, where applicable.

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

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 enclosure cannot provide appropriate protection.

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

10.2 Installation

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

10.2.1 Unpacking and lifting

The mass of each transport unit shall be declared by the manufacturer and preferably labelled on the equipment.

Sufficient lifting brackets capable of lifting the transport mass of each unit shall be fitted.

Instructions shall state clearly the preferred method of safely lifting the substation and the need to remove the brackets if they are not suitable for continuous outdoor use.

10.2.2 Assembly

When the prefabricated substation 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, such as

- excavation work required;
- external earthing terminals and equipotential belt if needed;
- position of the cable access points;
- connection with external rain water drainage, if any, including size and arrangements of piping.

Beyond these items the manufacturer should indicate any other condition or restriction considered necessary for correct installation and/or operation of the substation

10.2.4 Connections

There are not precisions or additions to this subclause of IEC 62271-1:2007.

10.2.5 Final installation inspection

Subclause 10.2.5 of IEC 62271-1:2007 is applicable.

Instructions for inspection and test of the prefabricated substation after its installation and connection, which should include at least a list of recommended tests, made at site.

10.2.6 Basic input data by the user

There are not precisions or additions to this subclause of IEC 62271-1:2007.

10.2.7 Basic input data by the manufacturer

There are not precisions or additions to this subclause of IEC 62271-1:2007.

10.3 Operation

Subclause 10.3 of IEC 62271-1:2007 is applicable with the following addition.

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 prefabricated substation, and a list of any special means or tools supplied for safety purposes, and their instructions for use;

- the operation of ventilation, interlocks and padlocking facilities.

10.4 Maintenance

Subclause 10.4 of IEC 62271-1:2007 is applicable with the following addition.

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

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

Additional subclause:

10.101 Dismantling, recycling and disposal at the end-of-service life

The manufacturer should provide relevant information to allow the end-user to carry out dismantling, recycling and disposal of the prefabricated substation at the end of life. This information will take into account the protection of both the workers and the environment.

11 Safety

Clause 11 of IEC 62271-1:2007 is not applicable.

High voltage/low voltage prefabricated substations provide 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 components are covered by the relevant product standards

The following subclauses of this standard describe additional features providing protection to operators and general public against various hazards.

Additional subclauses:

11.101 Electrical aspects

- Earthing (indirect contact) (see 5.3).
- IP coding (direct contact) (see 5.13).

11.102 Mechanical aspects

- Mechanical stress (see 5.101).

11.103 Thermal aspects

- Flammability (see 5.104.2).
- Maximum temperature of accessible parts (see 6.5.105 d).

NOTE ISO 13732-1:2006 and IEC Guide 117:2010 address this matter.

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.

Annex AA (normative)

Internal arc fault – Method to verify the internal arc classification (IAC)

AA.1 General

The test for accessibility type A is primarily aimed to verify the protection of operators in the accessible sides of the high voltage side of the substation. The protection of operators performing other activities at the substation, particularly those that require opening other doors (e.g. at the low voltage side) is not considered in this standard. Therefore during the test all other doors, except the door giving access to the high voltage side of the substation (high voltage switchgear and controlgear and high voltage interconnection) have to be correctly closed and they shall remain closed after the test.

The test for accessibility type B is aimed to verify the protection of general public in the proximity of the substation. Therefore all doors shall be correctly closed to perform the test.

AA.2 Room simulation

Internal arc tests aimed to verify the protection provided inside the substation to operators should be carried out using a specimen of the substation enclosure. If practical, for large substations, the test can be performed in a room simulating the 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.

Prefabricated substations are designed for outdoor installation. Therefore, no room simulation around the substation is required for internal arc tests aimed at verifying the degree of protection provided outside the substation. However, where the ground around the substation is suspected to contribute to the performance of the substation simulation of the ground surface might be required.

If the manufacturer claims that the design of the substation requires that the cable access way and/or any other additional exhausting duct needs to be used to evacuate gases generated during the internal arc, their cross-section dimensions and location shall be stated by the manufacturer. The test shall be carried out with the simulation of such exhausting ducts.

This requirement shall be clearly stated, in particular in the instruction manual (see Clause 10) for the 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 specimen.

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 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 placed on mounting racks facing all points where gas is likely to be emitted (for example, joints, inspection windows, doors) at distances depending on the type of accessibility.

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 at both sides than the specimen under test in case of accessibility type B, or 300 mm at both sides, in case of accessibility type A, provided that the layout of the substation or the test arrangement do not limit this extension.

In all cases, the distance from the indicators fitted vertically to the test specimen is measured from the surface of the enclosure, disregarding protruding elements (for example, handles, frame of apparatus and so on). If the surface of the test specimen is not regular, the indicators should be placed to simulate as realistically as possible the position that an operator or person usually may adopt in front of the equipment, at the above distance, according to type of accessibility.

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

When performing the test of the internal arc within the high voltage switchgear in a substation operated from inside (4.102.2 a)), arrangement of indicators shall follow the requirements of Annex AA of IEC 62271-200:2011 for accessibility type A.

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

Where the design of the substation 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 Figures AA.3c and AA.3d);
- in other cases this horizontal rack is not necessary.

When performing the test of internal arc within the high voltage switchgear in a substation operated from outside (4.102.2 b)), the indicators shall be located in front of the operating side (with the door open) at 300 mm from the switchgear. If the front of the high voltage switchgear is more than 300 mm inside the substation, the indicators will be placed in the position of the closed doors. Indicators shall also be arranged horizontally at a height of 2 m above the ground level as described in Figure AA.3a and covering the whole area between 300 mm and 800 mm from the high voltage switchgear. The indicators shall be evenly distributed, arranged in a checkerboard pattern, covering 40 % to 50 % of the area.

It is not necessary to place indicators around the other sides of the substation.

All other doors, except the door in front of the high voltage switchgear and controlgear have to be correctly closed.

The test is primarily aimed to verify the protection of operators in the accessible sides of the high voltage side of the substation. The protection of operators performing other activities at the substation, particularly those that require opening other doors (e.g. at the low voltage side) is not considered in this standard. Therefore during the test all other doors, except the door giving access to the high voltage side of the substation (high voltage switchgear and controlgear and high voltage interconnection) have to be correctly closed and they shall remain closed after the test.

Where the design of the substation operated from outside includes a volume below the ground to receive the exhausting gases around the substation, the behaviour of the cover of this volume shall be assessed from the point of view of the safety of the operator standing on it. In that case another horizontal rack with indicators will be placed at a distance of 100 mm from the floor (see Figure AA.3d).

When performing the internal arc test on high voltage interconnections, the indicators shall be located at any accessible side at 300 mm from the closest position the operator can reach in normal operating conditions.

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

Black cotton-interlining lawn (approximately 40 g/m²) shall be used for indicators. All doors and covers shall be closed and secured as in normal conditions, when no operation is carried out in the substation.

Indicators shall be fitted vertically at all accessible sides of the prefabricated substation up to 2 m above the ground level. If the actual height of substation is lower than 1,9 m, vertical indicators shall be fitted up to a height 100 mm higher than the test specimen (see Figure AA.3b).

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 substation shall be 100 mm ± 5 mm.

If the substation is equal or higher than 1,9 m, indicators shall also be arranged horizontally at a height above the ground level as described in Figure AA.3b, and covering the whole area between 100 mm and 800 mm from the prefabricated substation.

If the substation is lower than 1,9 m, indicators shall be placed instead, in a checkerboard pattern, on the roof facing all points where gas is likely to be emitted (for example, joints). In addition, if ventilation openings or pressure-relief devices are part of the roof design, indicators shall be placed in a checkerboard pattern facing the openings at a distance of 100 mm.

If the roof of the substation is not horizontal the indicators shall follow its slope at a distance of 100 mm.

Where the design of the substation operated from outside includes a volume below the ground to receive the exhausting gases around the substation, the behaviour of the cover of this volume 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 cover 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 cover (see Figures AA.3f);
- 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 mm;
- depth of the steel frame for indicators: -3/0 mm;

- height of indicators ± 50 mm;
- distance between test specimen and indicators;
- accessibility type A ± 30 mm;
- accessibility type B ± 5 mm.

AA.5 Test parameters

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

AA.6 Test procedure

The test procedures and the number of tests on high voltage switchgear 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 internal arc tests covering the case of an arc fault inside the high voltage switchgear shall be performed according to AA.5 of IEC 62271-200:2011 for metal-enclosed switchgear class IAC, including the point of initiation of the arc.

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.6 and AA.7 provide selection criteria for high voltage compartment to be tested.

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

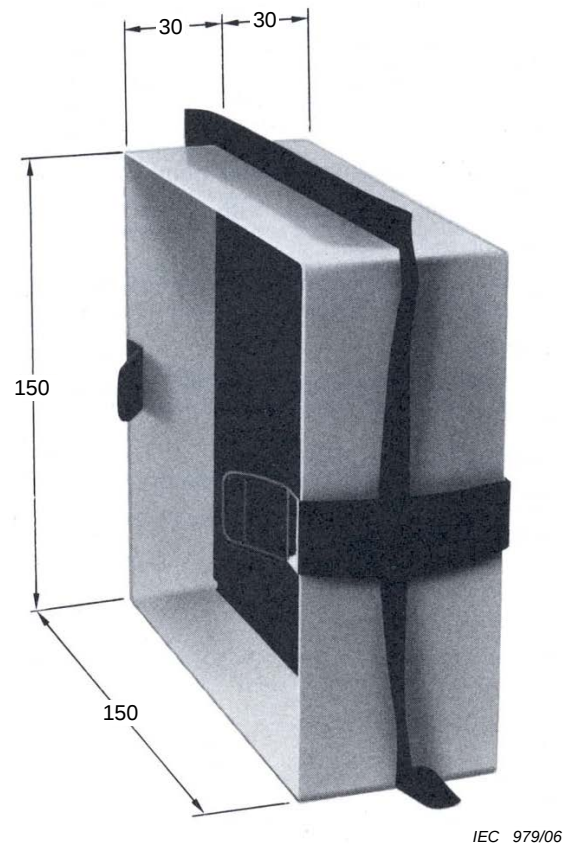
Clause AA.5 of IEC 62271-200:2011 is applicable with the additions given in AA.5.2 of IEC 62271-200:2011.

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 prefabricated substation the three-phase arc initiation within the switching compartment of the high voltage switchgear is mandatory (see Figures AA.4 and AA.5). Additionally, upon agreement between manufacturer and user the arc initiation within other compartments of the high voltage switchgear may be carried out.

Internal arc testing on high voltage insulated and earth-shielded interconnections equipped with insulated earth shielded connections according to IEC 60050-461:2008, 461-10-15 is not necessary (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.



Dimensions in millimeters

Figure AA.1 – Mounting frame for vertical indicators

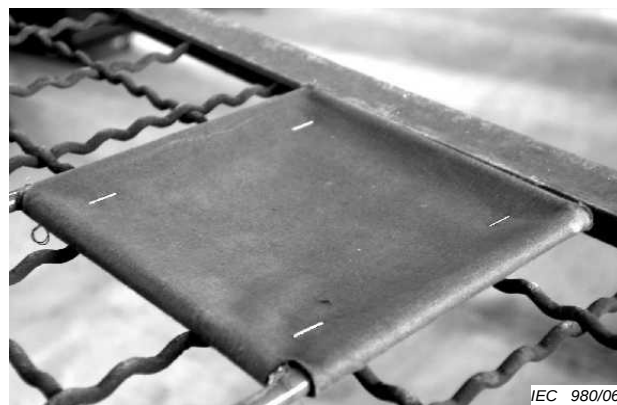
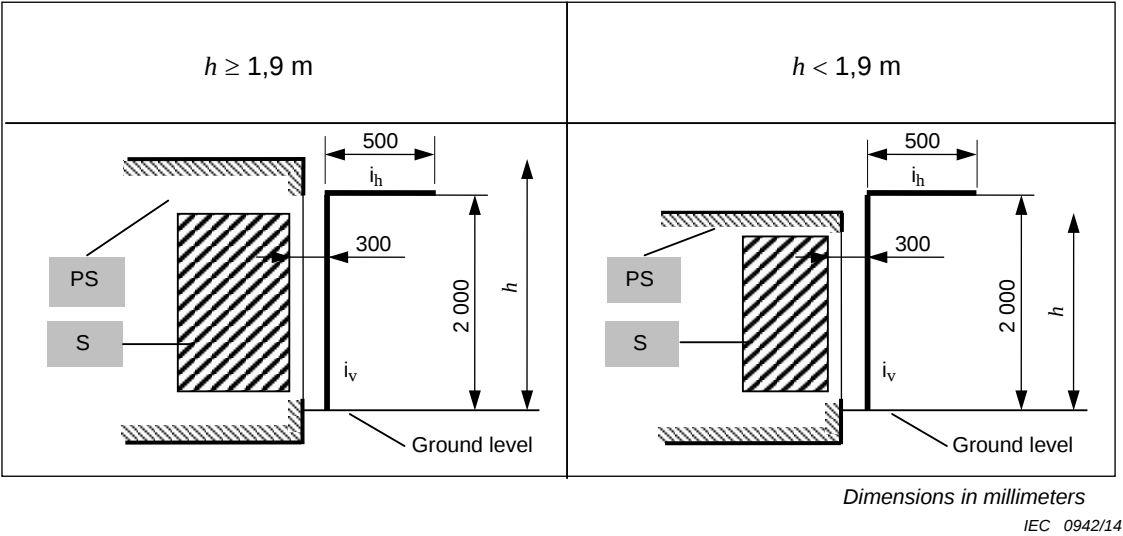


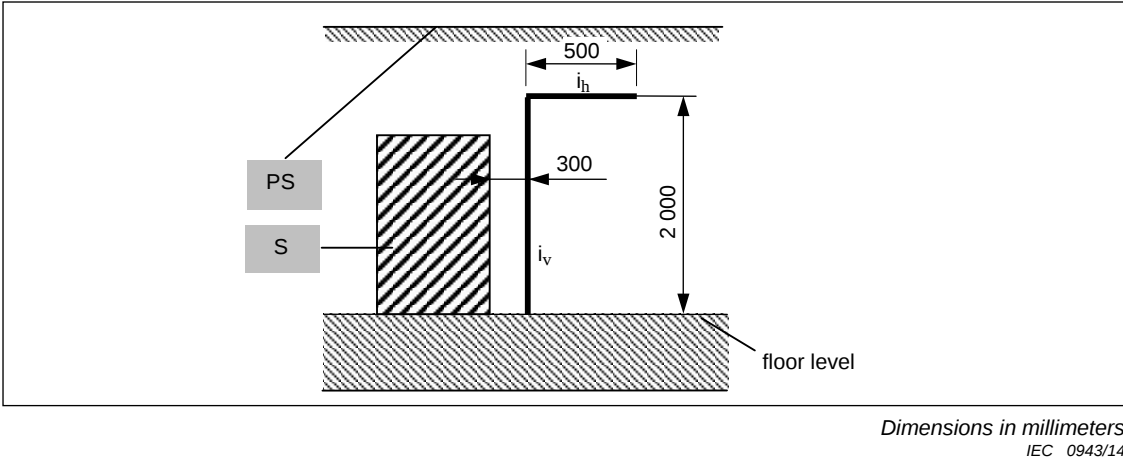
Figure AA.2 – Horizontal indicators



Key

- PS prefabricated substation
- S high voltage switchgear and controlgear
- h height of prefabricated substation
- i_h horizontal indicators
- i_v vertical indicators

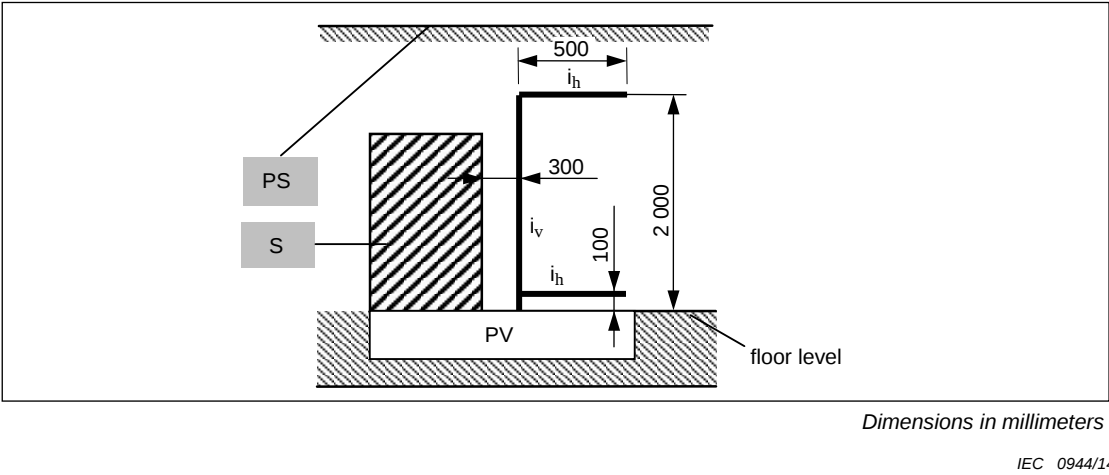
Figure AA.3a – Protection of operators in front of the open side of a substation operated from outside



Key

- PS prefabricated substation
- S high voltage switchgear and controlgear
- i_h horizontal indicators
- i_v vertical indicators

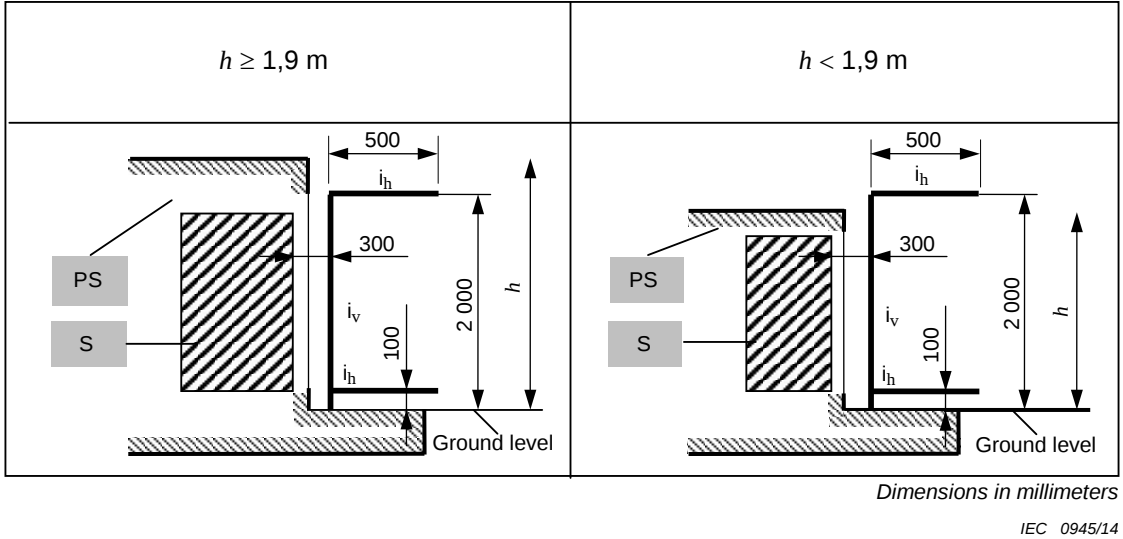
Figure AA.3b – Protection of operators in front of the high voltage switchgear in a substation operated from inside



Key

- PS prefabricated substation
- S high voltage switchgear and controlgear
- i_h horizontal indicators
- i_v vertical indicators
- PV pressure relief volume to exhaust gases

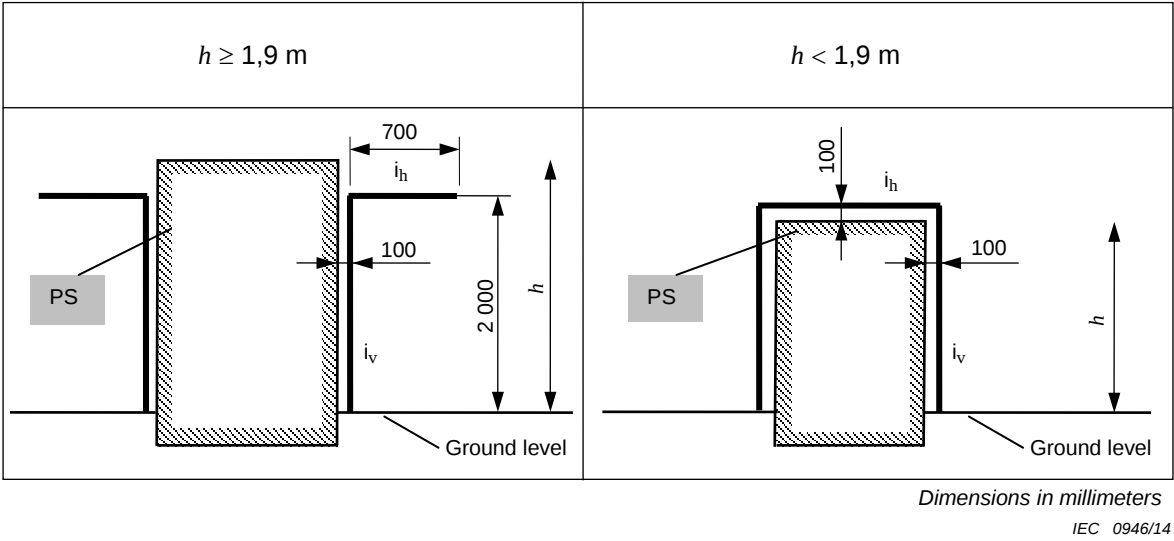
Figure AA.3c – Protection of operators in front of the high voltage switchgear in a substation operated from inside having a pressure relief volume below the floor



Key

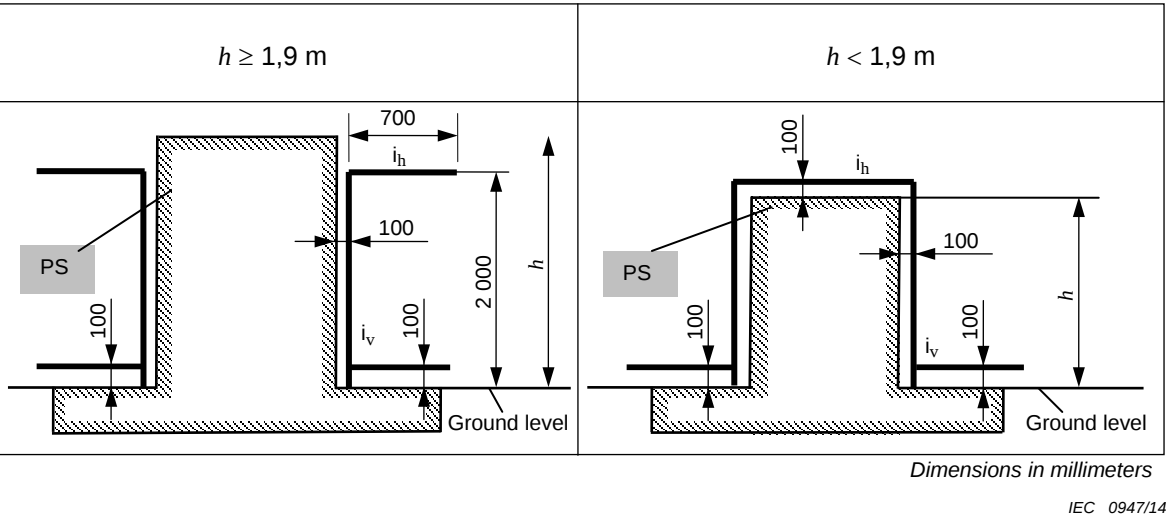
- PS prefabricated substation
- h height of prefabricated substation
- i_h horizontal indicators
- i_v vertical indicators

Figure AA.3d – Protection of operators in front of the open side of a substation operated from outside, having an external pressure relief volume below the ground



- Key**
- PS prefabricated substation
 - h height of prefabricated substation
 - i_h horizontal indicators
 - i_v vertical indicators

Figure AA.3e – Protection of general public around a substation (closed doors)



- Key**
- PS prefabricated substation
 - h height of prefabricated substation
 - i_h horizontal indicators
 - i_v vertical indicators

Figure AA.3f – Protection of general public round a substation (closed doors) having an external pressure relief volume below the ground

Figure AA.3 – Arrangement of indicators

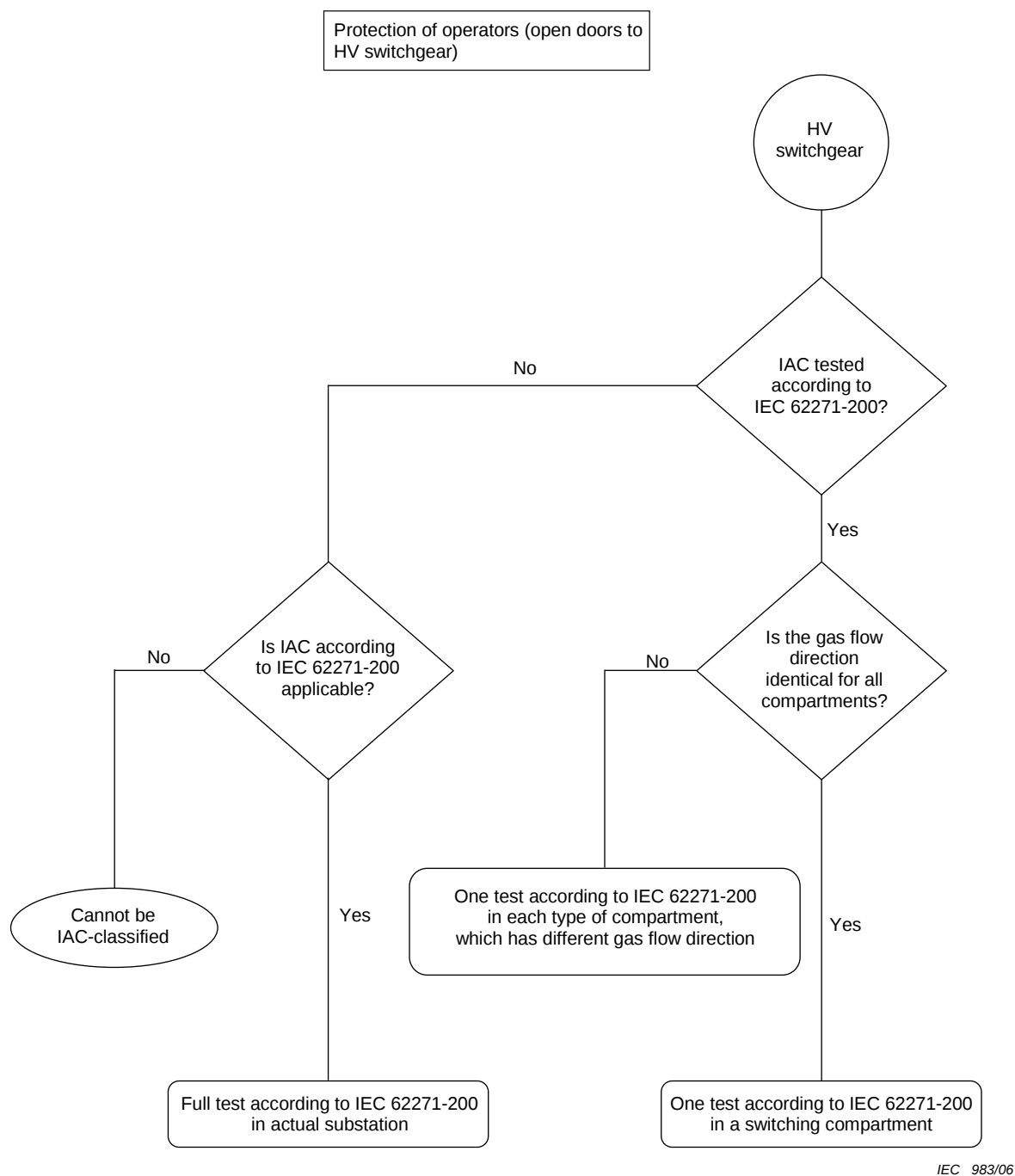


Figure AA.4 – Selection of tests on high voltage switchgear for class IAC-A

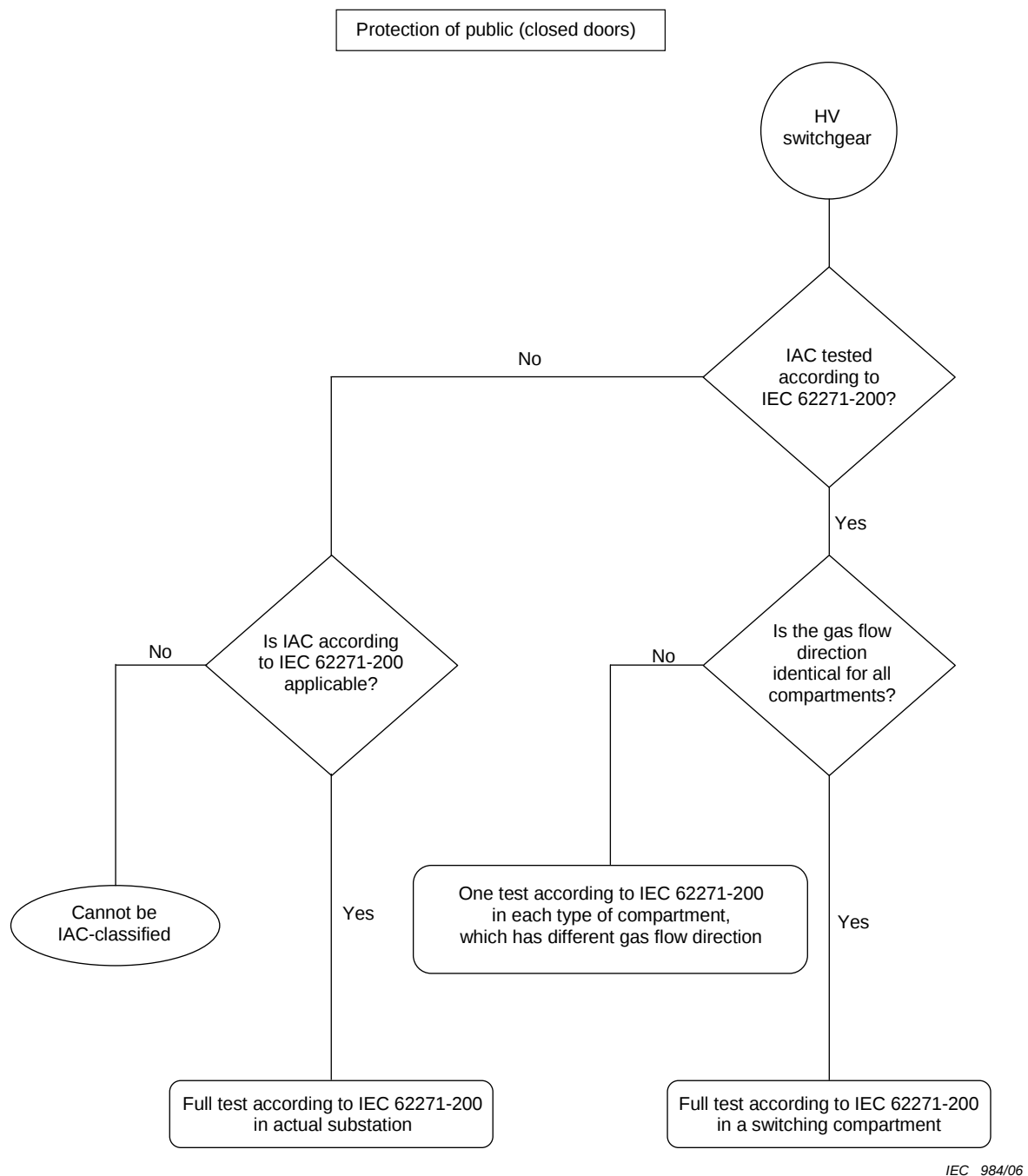
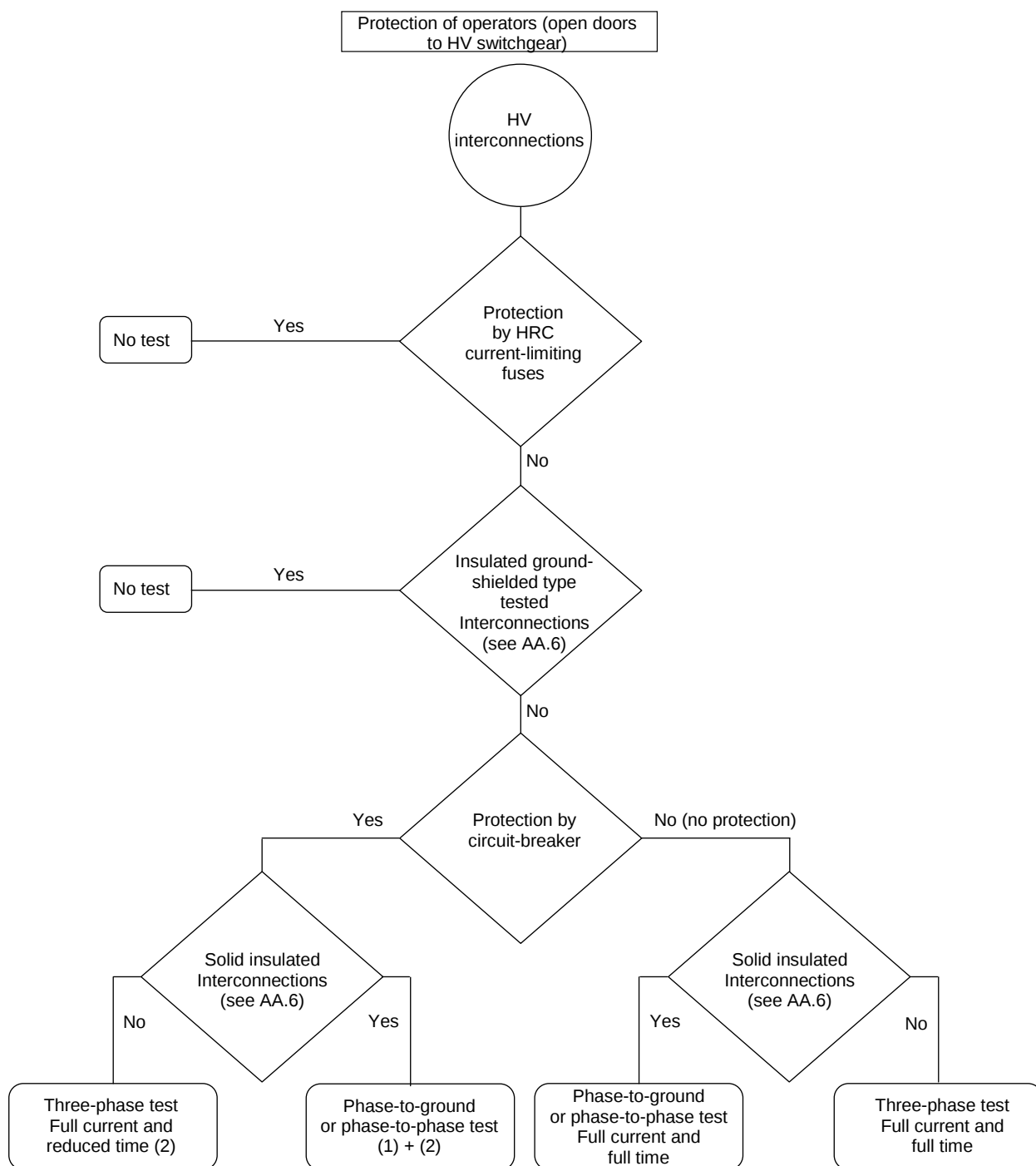


Figure AA.5 – Selection of tests on high voltage switchgear for class IAC-B



IEC 0948/14

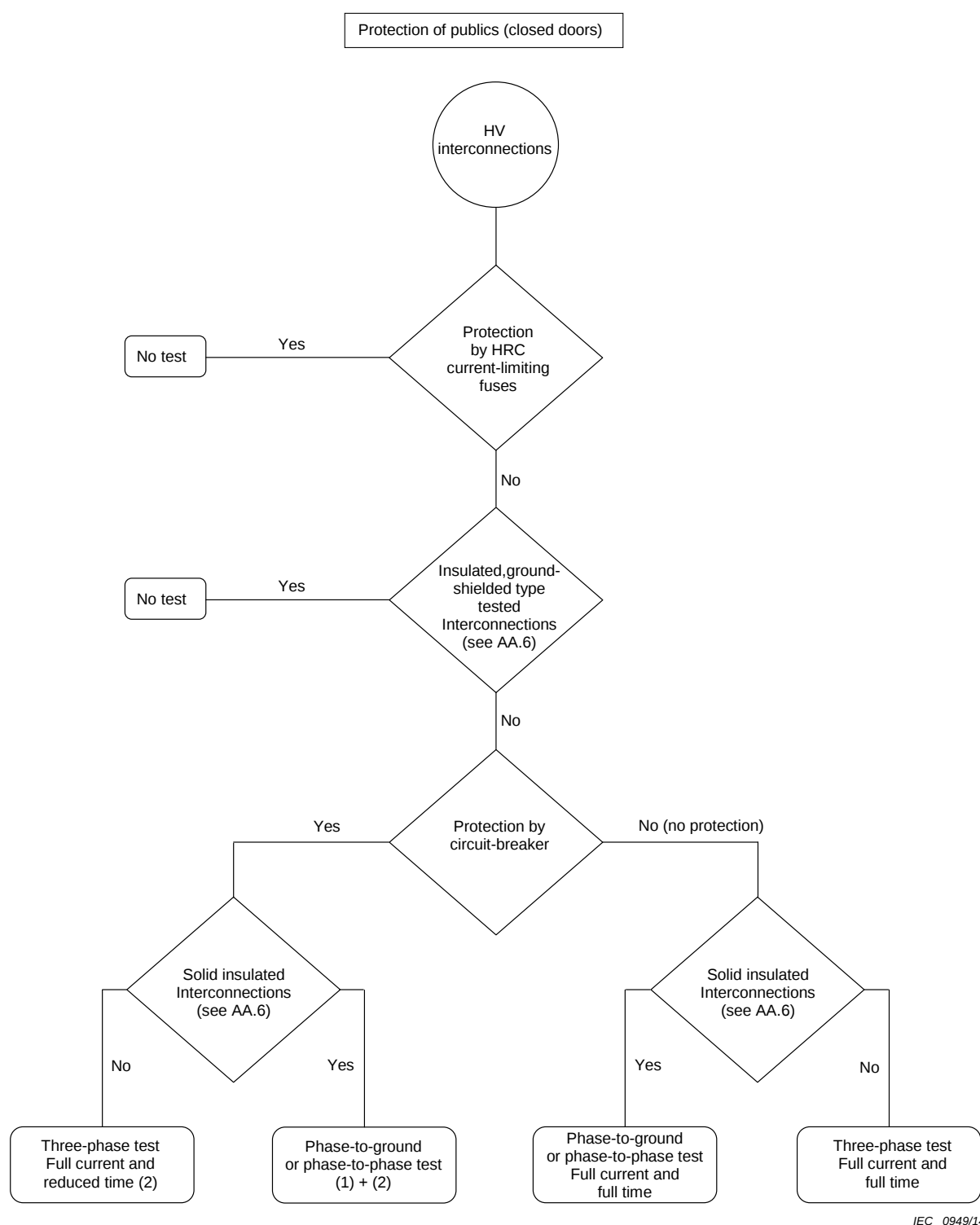
(1) IEC 62271-200:2011.

* 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 may be stated by the manufacturers, taking into account the time-setting of the protection.

Figure AA.6 – Selection of tests on high voltage interconnections for class IAC-A



(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 may be stated by the manufacturers, taking into account the time-setting of the protection.

Figure AA.7 – Selection of tests on high voltage interconnections for class IAC-B

Annex BB (normative)

Test to verify the sound level of a prefabricated substation

BB.1 Purpose

The purpose of the test is to calculate the difference between the non-load sound level of a given transformer alone (see IEC 60076-10:2001) and the non-load sound level of the prefabricated substation containing the same transformer.

NOTE 1 Full-load noise level can be considered under special requirement.

Comparison of the two values is an evaluation of the sound behaviour of the enclosure of the prefabricated substation. It is expected that the enclosure will not increase the sound level of the transformer.

NOTE 2 The enclosure might increase the sound level of the transformer by resonance phenomena.

The test values are only valid for the tested assembly at the rated voltage and frequency. If the substation to be used contains different components, parts and/or is connected to a network with different supply voltage or frequency, the behaviour of the enclosure may differ.

BB.2 Test specimen

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

BB.3 Test method

The test shall be carried out according to IEC 60076-10:2001. IEC 60076-10:2001 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 prefabricated substation where the enclosure is the sound-emitting boundary. The method of measurement shall comply with IEC 60076-10:2001 with the exception of the requirement for the measuring device, which shall be at 1,5 m above ground level as defined for the prefabricated substation.

Both tests, on the transformer alone and with the enclosure, shall be made in the same environmental conditions, enabling a single environmental correction to be used.

BB.4 Measurements

These shall be in accordance with IEC 60076-10:2001. For the purpose of positioning the measuring instruments, the enclosure shall be considered as the principal radiating surface of the prefabricated substations.

BB.5 Presentation and calculation of the results

The sound level shall be calculated in accordance with IEC 60076-10:2001.

The report of the test shall include all applicable information as given in IEC 60076-10:2001 for both configurations: transformer alone and fully assembled prefabricated substation.

In addition, for the prefabricated substation configuration, the following information shall also be included:

- a) main design characteristics of the enclosure, doors, covers and ventilation grids, including materials used;
- b) dimensioned drawing of the internal arrangement of the components inside the enclosure, position and size of doors and ventilation openings, and any other part that may significantly influence the sound propagation;
- c) particular information shall be given concerning the position of the transformer with respect to the enclosure, doors, covers and ventilation openings.

NOTE If any sound measurement on any side of the prefabricated substation 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 prefabricated substation.

Annex CC (normative)

Mechanical impact test

CC.1 Test for the verification of the resistance to mechanical impact

The tests shall be performed on the weak points of the exposed parts of the enclosure of the prefabricated substation, for example, covers, doors and ventilation openings.

The test shall be performed using the test method described in IEC 62262:2002. The impact energy shall be 20 J. For horizontal surfaces, a tube placed vertically may be used to guide the striking element.

If a variation in temperature within the normal service conditions significantly affects the mechanical impact strength of the material used for parts of the enclosure, for example, synthetic materials, then an impact test shall be performed on those parts at the minimum service temperature.

During the test, the enclosure shall be mounted, according to the manufacturer's instructions for use.

The maximum number of impacts shall be five on each vertical side or on the roof of the prefabricated substation. Only one impact shall be applied at the same point.

To be successful the following criteria shall be met:

- the degree of protection of the enclosure shall be maintained;
- operation of control means, handles, etc. shall not be impaired;
- deterioration of the enclosure or deformations shall neither impair the further use of the equipment or decrease its dielectric withstand (or clearance or creepage distances) according to the specified values;
- superficial deterioration, for example, removal of paint and small depressions are admissible.

CC.2 Apparatus for the verification of the protection against mechanical damage

The test apparatus consists basically of a pendulum rotating at its upper end in such a way as to be kept in a vertical plane. The axis of the pivot is at 1 000 mm above the measuring point and the striking element shall comply with the requirements of Figure CC.1.

The ratio of the mass of the arm to the combined mass of the striking element shall be not greater than 0,2 and the centre of gravity of the striking element shall be on the axis of the arm.

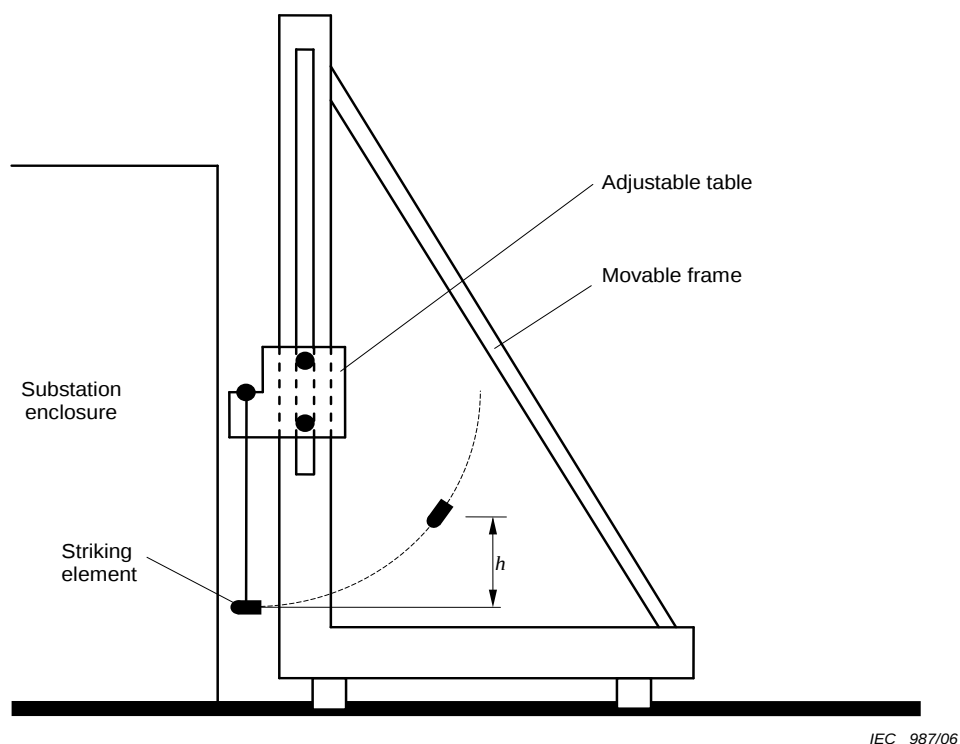
The distance from the extremity of the striking element to the measuring point shall be 60 mm $\pm$ 20 mm.

In order to avoid secondary impacts i.e. rebounds, the hammer shall be retained after the initial impact by grasping the striking element while avoiding the arm so that distortion is prevented.

The striking element insert shall be visually examined before each impact to ensure that there is no damage that could affect the result of the test.

The impacts to which the equipment is subjected are defined by the hammer mass and the height of fall, i.e. the distance, measured vertically, between the striking element in its raised position and the point of impact.

The hammer shall have an equivalent mass of 5 kg and the fall height shall be 0,4 m, resulting in an impact energy of 20 J.



where

impact energy = 20 J;

equivalent mass = 5 kg $\pm$ 5 %;

head of striking element: according to IEC 62262:2002;

material of element: FE 490-2, according to ISO 1052:1982, Rockwell hardness HRE 80...85 according to ISO 6508-1:2005;

nominal height of fall = 400 mm $\pm$ 1 %.

Figure CC.1 – Impact test apparatus

Annex DD (informative)

Rating of transformers in an enclosure

DD.1 General

According to IEC 60076-2:2011 and IEC 60076-11:2004, the rated power of a transformer is related to a 20 °C average yearly temperature. This accounts for a margin of 20 K to the maximum permissible ambient temperature of 40 °C. Different yearly temperatures and different substation enclosure classes result in different load factors, which can be extracted from the Figures DD.1 to DD.9.

The transformer corresponding to the rated maximum power of the prefabricated substation can have a different load for different enclosure classes and ambient temperatures. This annex gives a method of defining the load factor for either liquid-filled or dry-type transformers.

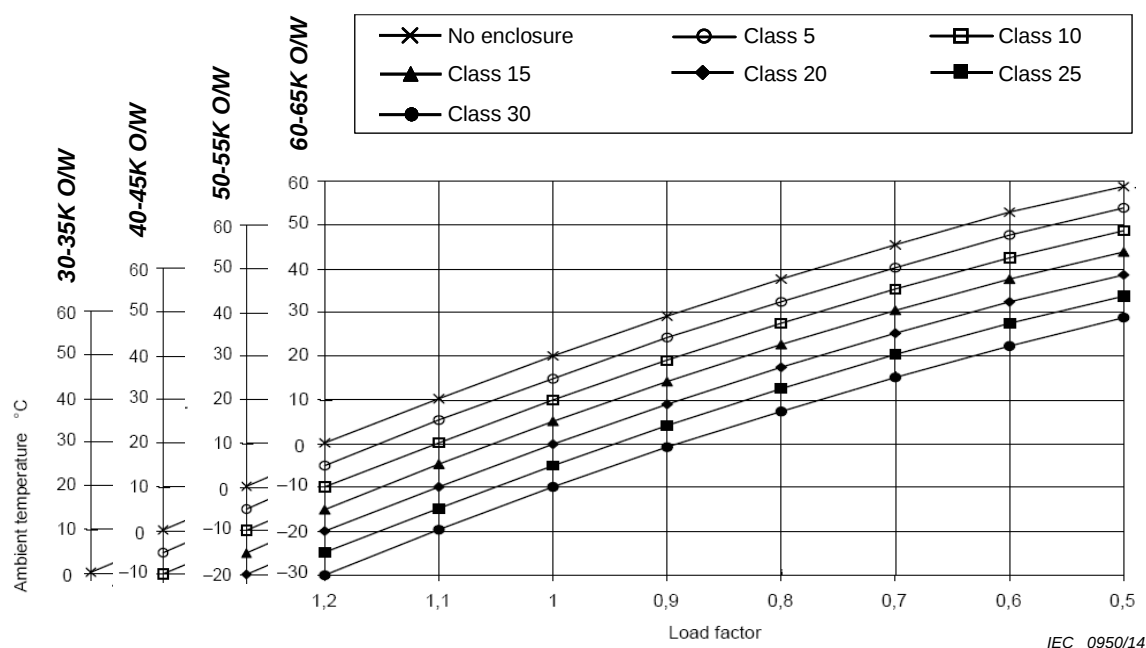
The maximum hot-spot temperature of the transformer should be maintained irrespective of the enclosure, and, therefore, it is necessary to de-rate the transformer to ensure that this hot-spot temperature is not exceeded. For liquid-filled transformers, the maximum hot temperature is given in IEC 60076-7 and for dry-type transformers, it is given in IEC 60076-12:2008 and depends on the temperature class of the insulating materials.

NOTE 2 A single set of curves is given for ratios of no load/load losses because no measurable error exists by using one curve. The curves are valid for ratios between 1:2 and 1:12.

DD.2 Liquid-filled transformer

The curves on Figure DD.1 should be used as follows:

- a) select the line for the class of enclosure;
- b) select the average ambient temperature in a given period of time for the substation site on the vertical axis;
- c) the intersection of the class of the enclosure line and the ambient temperature line gives the load factor of the transformer allowed corresponding to the maximum top oil temperature rise limit of the transformer outside of the enclosure.



O/W= oil / winding maximum temperature rise limit

Figure DD.1 – Liquid-filled transformer load factor in an enclosure

DD.3 Dry-type transformer

Figure DD.2 shows dry-type transformer load factor outside of the enclosure according to the electrical insulation system temperature of the transformer (see Table 2 of the IEC 60076-11:2004).

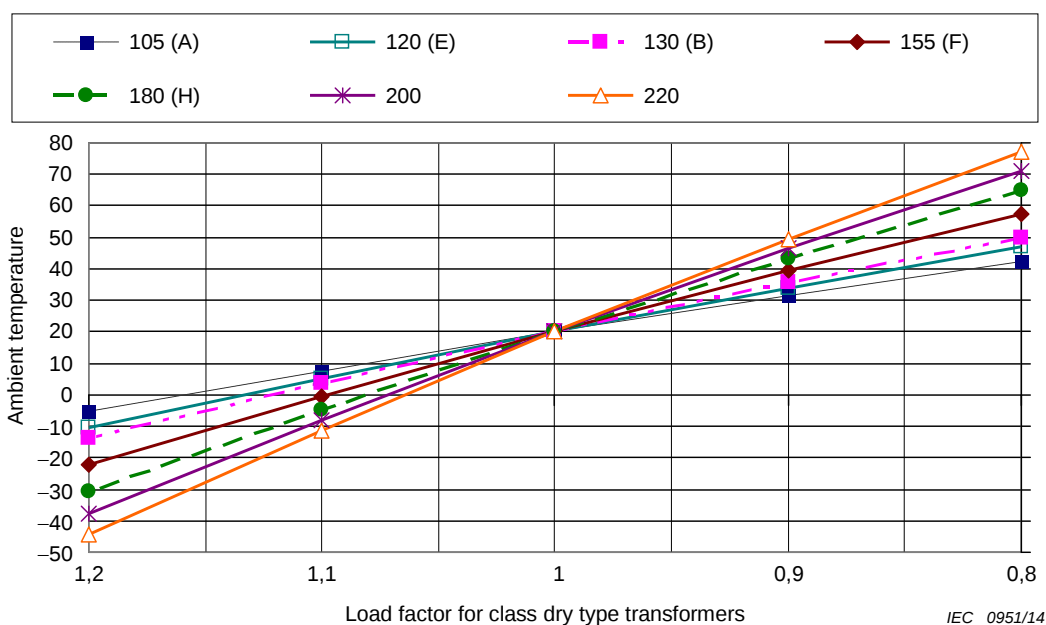


Figure DD.2 – Dry-type transformer load factor outside of the enclosure

Figure DD.3 to DD.9 show the load factor of the dry type transformer depending on the class of the enclosure and on the insulation system of the transformer respectively DD.3.(105 °C) / DD.4 (120 °C) / DD.5 (130 °C) / DD.6 (155 °C) / DD.7 (180 °C) / DD.8 (200 °C) / DD.9 (220 °C).

The curves on Figures DD.3 to DD.9 should be used as follows:

- select the line for the class of enclosure on the right Figure according to the electrical insulation system temperature of the transformer;
- select the average ambient temperature in a given period of time for the substation site on the vertical axis;
- the intersection of the class of the enclosure line and the ambient temperature line gives the load factor of the transformer allowed for each insulation system temperature.

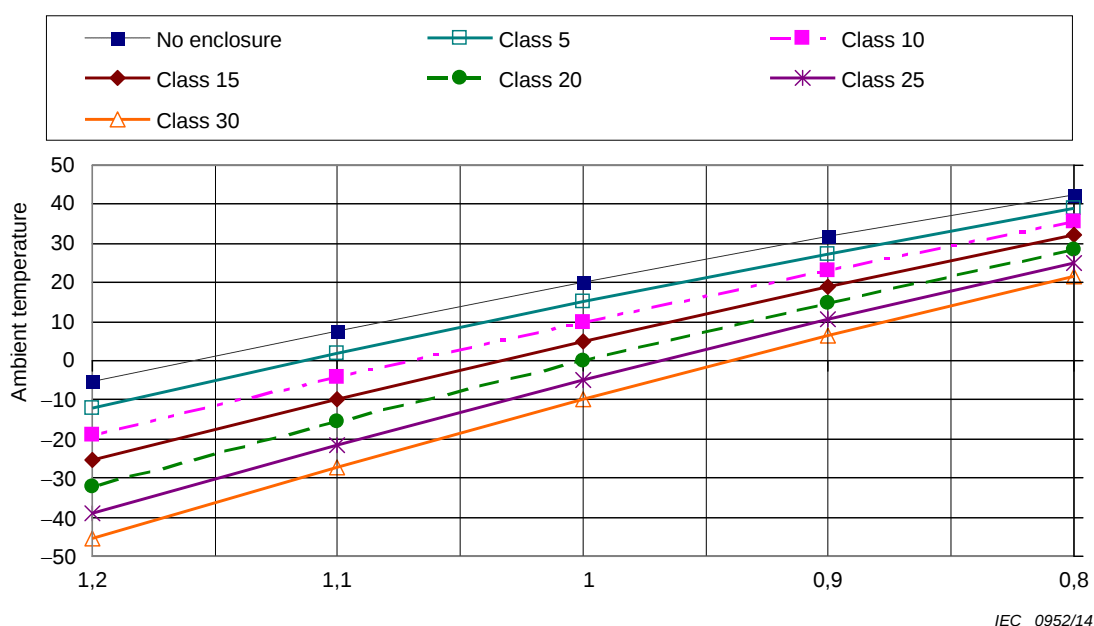


Figure DD.3 – Insulation class 105 °C (A) dry-type transformers load factor in an enclosure

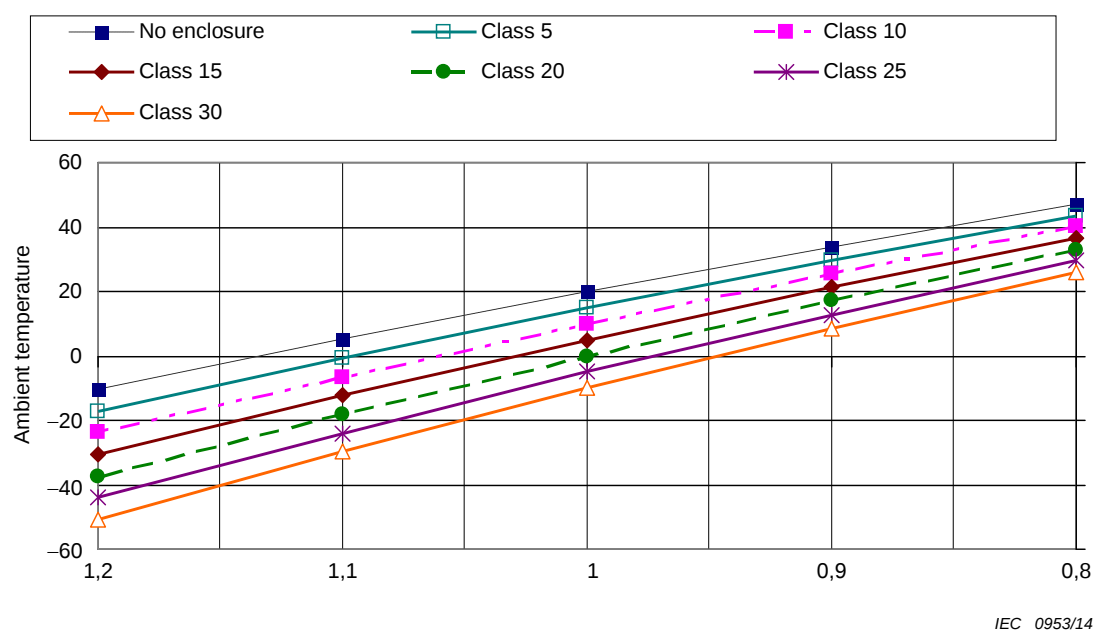


Figure DD.4 – Insulation class 120 °C (E) dry-type transformers load factor in an enclosure

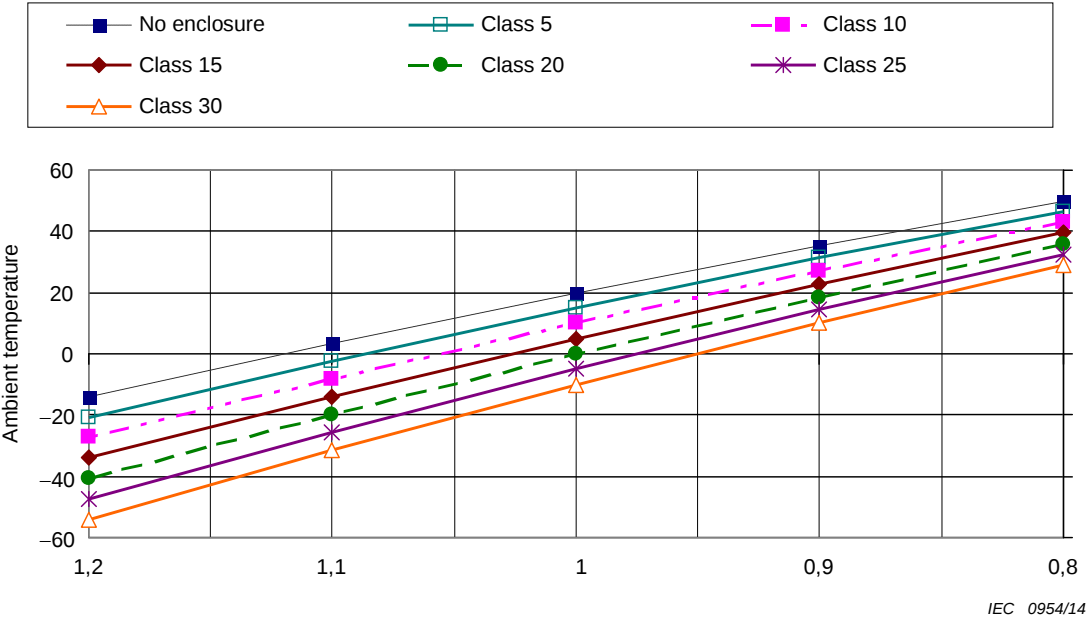


Figure DD.5 – Insulation class 130 °C (B) dry-type transformers load factor in an enclosure

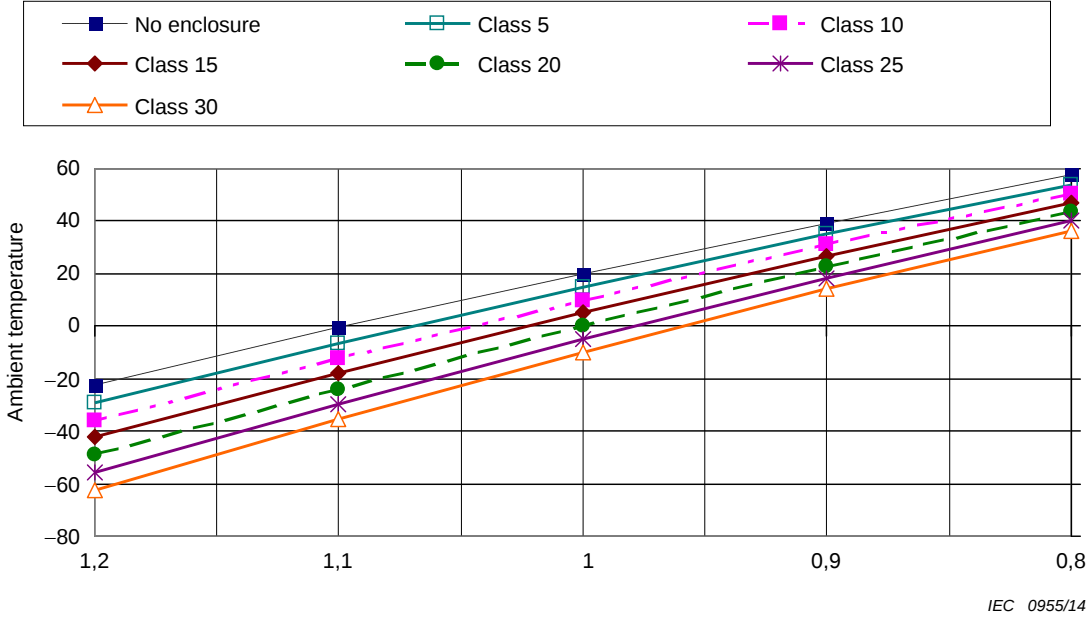


Figure DD.6 – Insulation class 155 °C (F) dry-type transformers load factor in an enclosure

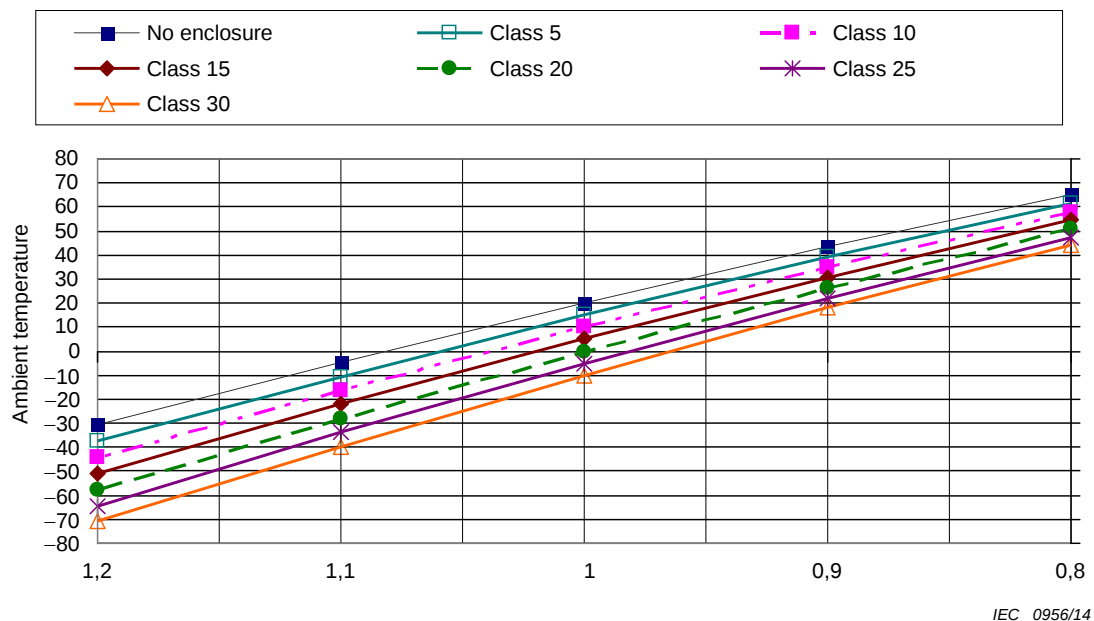


Figure DD.7 – Insulation class 180 °C (H) dry-type transformers load factor in an enclosure

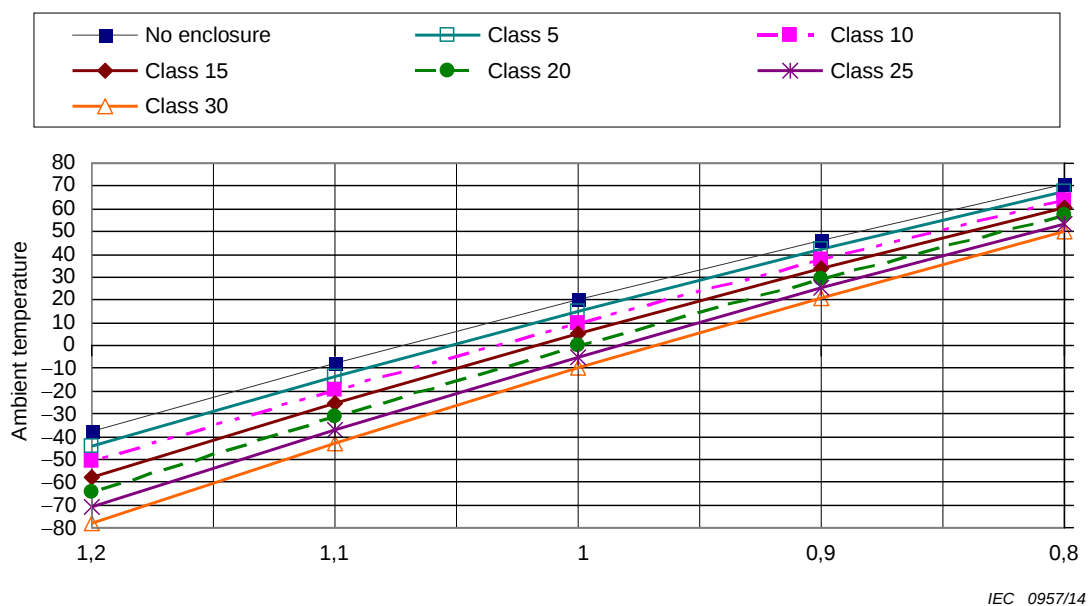


Figure DD.8 – Insulation class 200 °C (H) dry-type transformers load factor in an enclosure

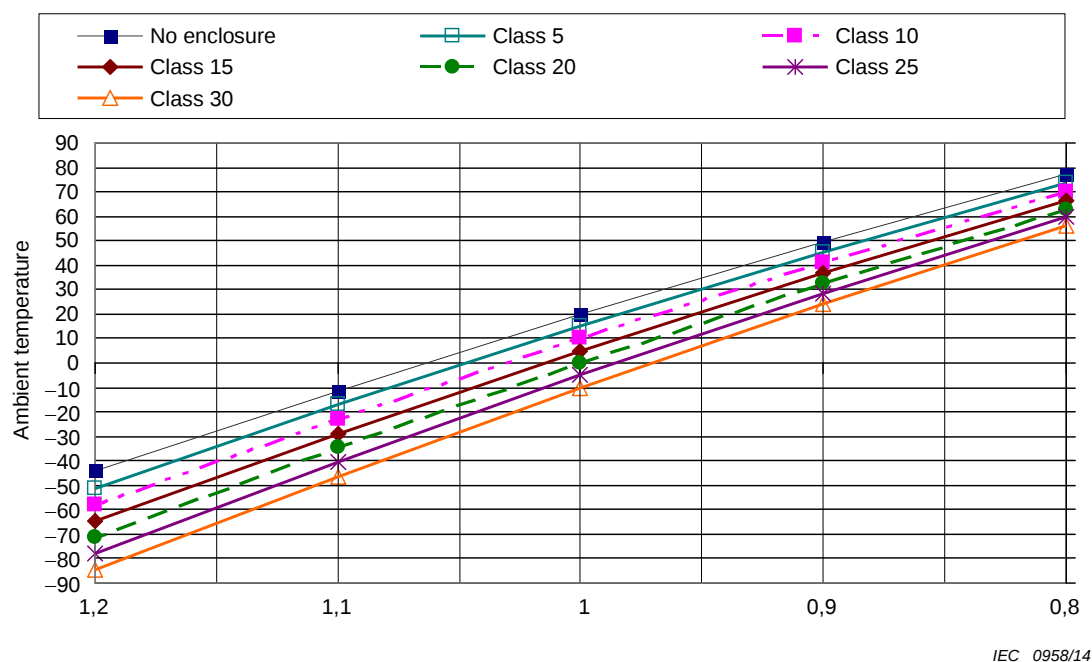


Figure DD.9 – Insulation class 220 °C (H) dry-type transformers load factor in an enclosure

DD.4 Example

Hypothesis

Location with a yearly average ambient temperature of 10 °C:

- average ambient temperature in winter is 0 °C;
- average ambient temperature in summer is 20 °C;
- average yearly load required is 900 kVA;
- average load needed in winter is 1 000 kVA;
- average load needed in summer is 600 kVA.
- transformer temperature rises are 60 K to 65 K respectively for oil and windings.

Question 1

Which rated class of enclosure is required for a 1 000 kVA transformer having 12 kW of total losses that will not exceed the maximum hot-spot temperature and top liquid temperature in the case of a liquid-filled transformer at 60 K to 65 K as oil and windings temperature rises?

Answer:

- for a yearly average ambient temperature of 10 °C and load factor of 0,9, Figure DD.1 recommends a class 20 enclosure;
- for a winter average ambient temperature of 0 °C and a load factor of 1,0, Figure DD.1 recommends a class 20 enclosure;
- for a summer average ambient temperature of 20 °C and a load factor of 0,6, Figure DD.1 recommends a class 30 enclosure.

Conclusion

Only classes 20, 15, 10 and 5 can be chosen for a transformer of 1 000 kVA maximum power and 12 kW maximum loss.

Question 2

With the same hypothesis above, but with a class 30 enclosure, what are the permissible load factors for the transformer?

Answer:

- for a yearly average ambient temperature of 10 °C and enclosure class 30, Figure DD.1 gives a maximum load factor of 0,77;
- for a winter average ambient temperature of 0 °C and enclosure class 30, Figure DD.1 gives a maximum load factor of 0,89;
- for a summer average ambient temperature of 20 °C and enclosure class 30, Figure DD.1 gives a maximum load factor of 0,64.

Conclusion

If enclosure class 30 is chosen, load limitation is necessary on the transformer, except during the summer.

Question 3

With the same hypothesis above, but with a class 30 enclosure, what are the transformer temperature rise which allow no limitation of permissible load factors for the transformer?

Answer:

- for a yearly average ambient temperature of 10 °C and enclosure class 30 and transformer temperature rises at 50 K to 55 K, Figure DD.1 gives a maximum load factor of 0.9;
- for a winter average ambient temperature of 0 °C and enclosure class 30 and same transformer temperature rises, Figure DD.1 gives a maximum load factor of 1,0;
- for a summer average ambient temperature of 20 °C and enclosure class 30, Figure DD.1 gives a maximum load factor of 0,776 4.

Conclusion

If transformer temperature rises at 50 K to 55 K is used no load limitation is necessary with an enclosure class 30.

Question 4

With the same hypothesis above, but with a dry type transformer and an enclosure class 20 K, what should be the insulation class of dry type transformer to use it on the same temperature and load ranges.

Answer:

- for a yearly average ambient temperature of 10 °C and enclosure class 20 and dry type transformer at insulation class 105 °C, Figure DD.5 gives a maximum load factor of 0,93 > 0,9;
- for a winter average ambient temperature of 0 °C and enclosure class 20 and dry type transformer at insulation class 105 °C, Figure DD.5 gives a maximum load factor of 1;

- for a summer average ambient temperature of 20 °C and enclosure class 20 and dry type transformer at insulation class 105 °C, Figure DD.5 gives a maximum load factor of 0,87 > 0,6.

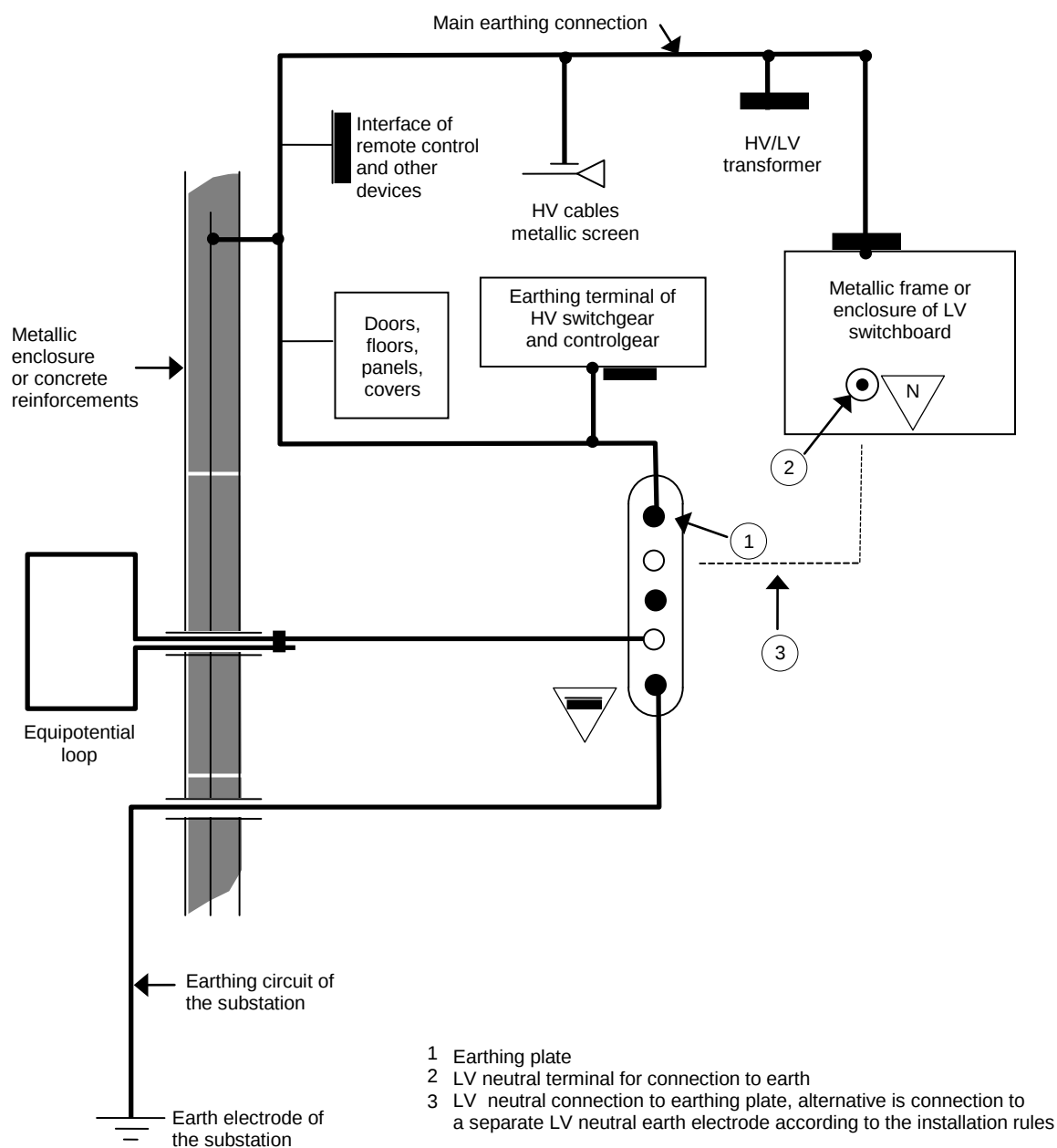
Conclusion

- Dry type transformer at insulation class 105 °C with an enclosure class 20 K can be used as the oil type transformer at 50 K to 55 K with an enclosure class 30 K.

Annex EE (informative)

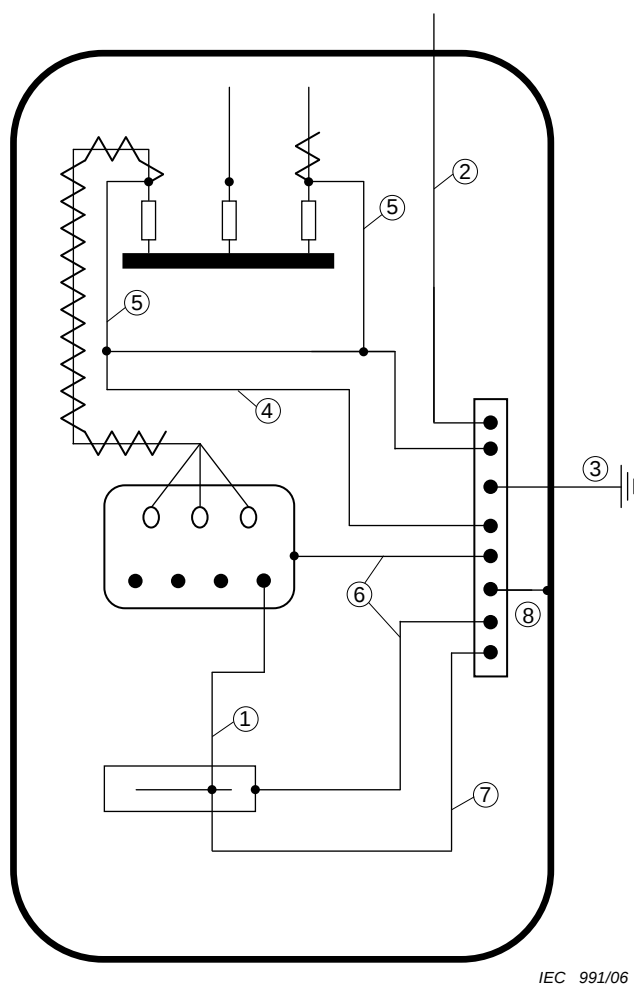
Examples of earthing circuits

Examples of earthing circuits are shown in Figures EE.1, EE.2 and EE.3.



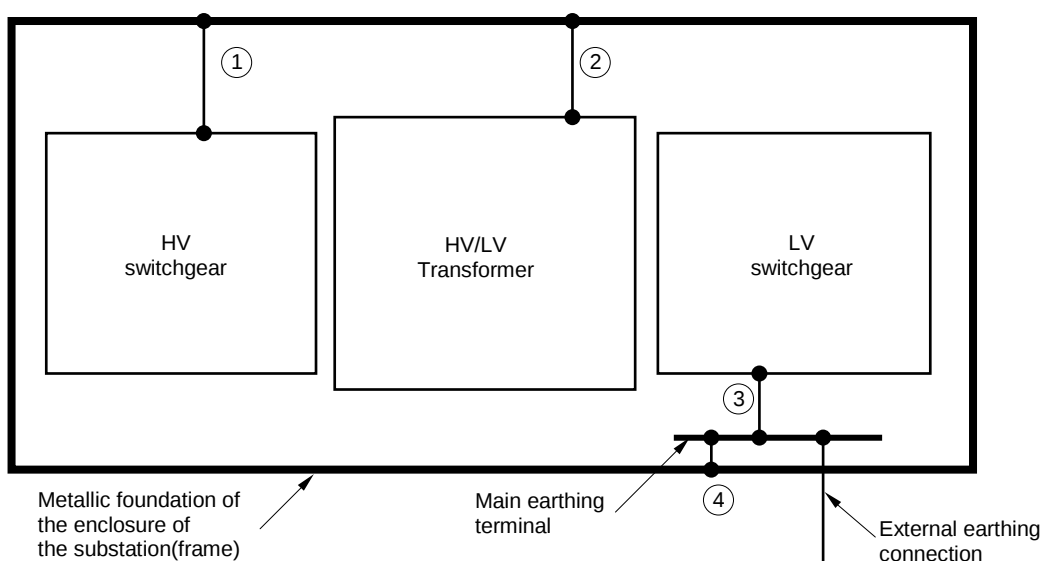
IEC 0959/14

Figure EE.1 – Example of earthing circuits

**Key**

- 1 Low voltage neutral conductor
- 2 Additional earthing point of the substation (according to soil condition)
- 3 External earthing
- 4 HV switchgear earthing
- 5 HV cables screen earthing
- 6 Transformer and low voltage framework earthing
- 7 Earthing of main low voltage neutral bar
- 8 Enclosure earthing

Figure EE.2 – Example of earthing circuits



IEC 992/06

Key

- 1 Earthing connection from high voltage switchgear to metallic foundation
- 2 Earthing connection from transformer tank to metallic foundation
- 3 Earthing connection from low voltage switchgear to metallic foundation
- 4 Earthing connection from main earthing terminal to metallic foundation

Figure EE.3 – Example within the framework serving as the main earthing conductor

Annex FF (informative)

Characteristics of enclosure materials

FF.1 Metals

FF.1.1 Coatings

An increasing number of coatings is available. Table FF.1 lists some examples of recommended coatings.

Table FF.1 – Treatment of coatings

Treatment	Standards	Substrate	
		Steel	Aluminium
Hot dip galvanization	ISO 1460, <i>Metallic coatings – Hot dip galvanized coatings on ferrous materials – Gravimetric determination of the mass per unit area</i> ISO 1461, <i>Hot dip galvanized coatings on fabricated iron and steel articles – Specification and test methods</i>	X	
Electroplated coatings of zinc	ISO 2081, <i>Metallic and other inorganic coatings – Electroplated coatings of zinc with supplementary treatments on iron or steel</i>	X	
Chemical conversion coatings	ISO 11408, <i>Chemical conversion coatings – Black oxide coating on iron and steel – Specification and test methods</i> ISO 10546, <i>Chemical conversion coatings – Rinsed and non-rinsed chromate conversion coatings on aluminium and aluminium alloys</i>	X	X

FF.1.2 Paints

Table FF.2 lists some standards that can be applied to test paints.

Table FF.2 – Tests of coatings

Tests	Standards
Adherence	ISO 2409, <i>Paints and varnishes – Cross-cut test</i>
Salt spray	ISO 9227, <i>Corrosion tests in artificial atmospheres – Salt spray tests</i>
Artificial ageing	ISO 11997 (all parts), <i>Paints and varnishes – Determination of resistance to cyclic corrosion conditions</i>
Abrasion	ISO 7784 (all parts), <i>Paints and varnishes – Determination of resistance to abrasion</i>
Corrosion	ISO 12944 (all parts), <i>Paints and varnishes – Corrosion protection of steel structures by protective paint systems</i>

FF.2 Concrete

Corrosion may occur on concrete as well as on steel in reinforced concrete. Therefore, the main factors affecting corrosion listed in 5.104.3 should be taken into account.

The limits of some characteristic values of concrete, for example, the maximum water-cement ratio, the minimum concrete strength, the minimum cement content and the minimum concrete cover in steel reinforced concrete should be considered.

Table FF.3 lists some standards that can be applied to test concrete properties.

Table FF.3 – Test of concrete

Tests	Standards
Concrete strength	ISO 1920-4, <i>Testing of concrete – Part 4: Strength of hardened concrete</i> □
Withstand against chloride diffusion (de-icing salt)	ISO/DIS 4846 <i>Concrete – Determination of scaling resistance of surfaces exposed to de-icing chemicals</i> (withdrawn)
Density/porosity	ISO/DIS 1920-2, <i>Testing of concrete – Part 2: Properties of fresh concrete</i>
Specification, performance, production and conformity	EN 206-1, <i>Concrete – Part 1: Specification, performance, production and conformity</i> ASTM C94/C 94M, <i>Standard specification for ready-mixed concrete</i>

Paintings/coatings may improve corrosion resistance and product properties.

Bibliography

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

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

IEC 60059:1999, *IEC standard current ratings*

IEC 60068 (all parts), *Environmental testing*

IEC 60068-1:2013, *Environmental testing – Part 1: General and guidance*

IEC 60076 (all parts), *Power transformers*

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

IEC 60724:2000, *Short-circuit temperature limits of electric cables with rated voltages of 1 kV ($U_m = 1,2$ kV) and 3 kV ($U_m = 3,6$ kV)*
Amendment 1:2008

IEC/TR 61641:2008, *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/TS 62271-304:2008, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 304: Design classes for indoor enclosed switchgear and controlgear for rated voltages above 1 kV up to and including 52 kV to be used in severe climatic conditions*

IEC/TR 62655:2013, *Tutorial and application guide for high-voltage fuses*

IEC Guide 117:2010, *Electrotechnical equipment – Temperatures of touchable hot surfaces*

ISO 1460, *Metallic coatings – Hot dip galvanized coatings on ferrous materials – Gravimetric determination of the mass per unit area*

ISO 1461, *Hot dip galvanized coatings on fabricated iron and steel articles – Specification and test methods*

ISO/DIS 1920-2, *Testing of concrete – Part 2: Properties of fresh concrete*

ISO 1920-4, *Testing of concrete – Part 4: Strength of hardened concrete*

ISO 2081, *Metallic and other inorganic coatings – Electroplated coatings of zinc with supplementary treatments on iron or steel*

ISO 2409, *Paints and varnishes – Cross-cut test*

ISO 3231:1993, *Paints and varnishes – Determination of resistance to humid atmospheres containing sulphur dioxide*

ISO/DIS 4846 *Concrete – Determination of scaling resistance of surfaces exposed to de-icing chemicals*¹

ISO 7784 (all parts), *Paints and varnishes – Determination of resistance to abrasion*

ISO 9227, *Corrosion tests in artificial atmospheres – Salt spray tests*

ISO 10546, *Chemical conversion coatings – Rinsed and non-rinsed chromate conversion coatings on aluminium and aluminium alloys*

ISO 11408, *Chemical conversion coatings – Black oxide coating on iron and steel – Specification and test methods*

ISO 11997 (all parts), *Paints and varnishes – Determination of resistance to cyclic corrosion conditions*

ISO 12944 (all parts), *Paints and varnishes – Corrosion protection of steel structures by protective paint systems*

ISO 13732-1:2006, *Ergonomics of the thermal environment – Methods for the assessment of human responses to contact with surfaces – Part 1: Hot surfaces*

EN 206-1, *Concrete – Part 1: Specification, performance, production and conformity*

ASTM C94/C 94M, *Standard specification for ready-mixed concrete*

¹ This publication was withdrawn.

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	102
INTRODUCTION	104
1 Généralités	105
1.1 Domaine d'application	105
1.2 Références normatives	105
2 Conditions normales et spéciales de service	107
2.1 Conditions normales de service	107
2.1.1 Appareillage d'intérieur	108
2.1.1.101 Appareillage basse tension	108
2.1.1.102 Transformateur	108
2.1.2 Appareillage pour l'extérieur	108
2.2 Conditions spéciales de service	108
2.2.1 Altitude	108
2.2.2 Pollution	109
2.2.3 Température et humidité	109
2.2.4 Vibrations, chocs ou basculements	110
2.2.5 Vitesse du vent	110
2.2.6 Autres paramètres	110
3 Termes et définitions	110
4 Caractéristiques assignées	112
4.1 Tension assignée (U_r)	112
4.2 Niveau d'isolement assigné	113
4.3 Fréquence assignée (f_r)	113
4.4 Courant assigné en service continu et échauffement	113
4.4.1 Courant assigné en service continu (I_r)	113
4.4.2 Échauffement	113
4.4.3 Points particuliers du Tableau 3	114
4.5 Courant de courte durée admissible assigné (I_k)	114
4.5.101 Courant de courte durée admissible assigné de l'appareillage haute tension et de l'interconnexion haute tension (I_k)	114
4.5.102 Courant de courte durée admissible assigné phase-terre (I_{ke})	114
4.5.103 Courants de courte durée admissibles assignés de l'appareillage basse tension et de l'interconnexion basse tension (I_{CW})	114
4.6 Valeur de crête du courant admissible assigné (I_p)	115
4.6.101 Courant de crête admissible assigné (I_p)	115
4.6.102 Courant phase-terre de crête admissible assigné (I_{pe})	115
4.6.103 Valeurs de crête du courant admissible assigné de l'appareillage basse tension et de l'interconnexion basse tension (I_{pk})	115
4.7 Durées de court-circuit assignée (t_k)	115
4.7.101 Durée de court-circuit assignée (t_k)	115
4.7.102 Durée de court-circuit phase-terre assignée (t_{ke})	115
4.7.103 Durée de court-circuit assignée de l'appareillage basse tension et de l'interconnexion basse tension	115
4.7.104 Durée de court-circuit assignée des transformateurs	116

4.8	Tension assignée d'alimentation des dispositifs de fermeture et d'ouverture et des circuits auxiliaires et de commande (U_a).....	116
4.9	Fréquence assignée d'alimentation des dispositifs de fermeture et d'ouverture et des circuits auxiliaires	116
4.10	Pression assignée d'alimentation en gaz comprimé pour les systèmes à pression entretenue	116
4.11	Niveaux assignés de remplissage pour l'isolement et/ou la manœuvre.....	116
4.101	Puissance maximale et classe d'enveloppe assignées	116
4.101.1	Puissance assignée maximale du poste préfabriqué	116
4.101.2	Classe d'enveloppe assignée.....	116
4.102	Caractéristiques assignées de la classe de tenue à l'arc interne	117
4.102.1	Généralités	117
4.102.2	Types d'accessibilité (A, B, AB)	117
4.102.3	Courants de défaut d'arc assignés (I_A , I_{Ae}).....	117
4.102.4	Durée de défaut d'arc assignée (t_A , t_{Ae})	118
5	Conception et construction	118
5.1	Exigences pour les liquides utilisés dans l'appareillage.....	118
5.2	Exigences pour les gaz utilisés dans l'appareillage	118
5.3	Raccordement à la terre de l'appareillage	118
5.4	Équipements auxiliaires et de commande	119
5.5	Manœuvre dépendante à source d'énergie extérieure	120
5.6	Manœuvre à accumulation d'énergie.....	120
5.7	Manœuvre indépendante manuelle ou manœuvre indépendante à source d'énergie extérieure (manœuvre indépendante sans accrochage mécanique).....	120
5.8	Fonctionnement des déclencheurs	120
5.9	Dispositifs de verrouillage et de surveillance basse et haute pression.....	120
5.10	Plaques signalétiques	120
5.11	Dispositifs de verrouillages	120
5.12	Indicateur de position.....	121
5.13	Degré de protection procuré par les enveloppes	121
5.14	Lignes de fuite pour les isolateurs d'extérieur	121
5.15	Étanchéité au gaz et au vide	121
5.16	Étanchéité au liquide	121
5.17	Risque de feu (Inflammabilité)	121
5.18	Compatibilité électromagnétique (CEM)	121
5.101	Protection du poste préfabriqué contre les contraintes mécaniques	122
5.102	Protection de l'environnement contre les conséquences des défauts internes	122
5.103	Défaut d'arc interne	122
5.104	Enveloppe.....	123
5.104.1	Généralités	123
5.104.2	Tenue au feu	124
5.104.3	Corrosion.....	124
5.104.4	Capots et portes	125
5.104.5	Ouvertures de ventilation.....	126
5.104.6	Cloisons	126
5.105	Autres dispositions.....	126
5.105.1	Dispositions pour les essais diélectriques des câbles	126
5.105.2	Équipements auxiliaires	126

5.105.3	Couloir de manœuvre	126
5.105.4	Étiquettes	126
5.106	Emission de bruit	126
5.107	Champs électromagnétiques	127
6	Essais de type	127
6.1	Généralités	127
6.1.1	Groupement des essais	128
6.1.2	Information pour l'identification des spécimens d'essai	128
6.1.3	Information à inclure dans les rapports d'essai de type	128
6.2	Essais diélectriques	128
6.2.1	Conditions de l'air ambiant pendant les essais	128
6.2.2	Modalités des essais sous pluie	128
6.2.3	État de l'appareillage pendant les essais diélectriques	128
6.2.4	Critères de réussite des essais	128
6.2.5	Application de la tension d'essai et conditions d'essai	129
6.2.6	Essais de l'appareillage de $U_r \leq 245$ kV	129
6.2.7	Essais de l'appareillage de $U_r > 245$ kV	129
6.2.8	Essais de pollution artificielle pour les isolateurs d'extérieur	129
6.2.9	Essais de décharges partielles	129
6.2.10	Essais diélectriques sur les circuits auxiliaires et de commande	129
6.2.11	Essai de tension comme essai de vérification d'état	129
6.2.101	Essais de l'interconnexion haute tension	129
6.2.102	Essais de l'interconnexion basse tension	131
6.3	Essais de tension de perturbation radioélectrique	132
6.4	Mesurage de la résistance des circuits	132
6.5	Essais d'échauffement	132
6.5.101	Généralités	132
6.5.102	Conditions d'essai	133
6.5.103	Méthodes d'essai	133
6.5.104	Mesures	137
6.5.105	Critères d'acceptation	138
6.6	Essais au courant de courte durée admissible et à la valeur de crête du courant admissible	138
6.7	Vérification de la protection	139
6.8	Essais d'étanchéité	139
6.9	Essais de compatibilité électromagnétique (CEM)	139
6.10	Essais supplémentaires sur les circuits auxiliaires et de commande	139
6.10.1	Généralités	139
6.10.2	Essais fonctionnels	139
6.10.3	Essais de continuité électrique des parties métalliques reliées à la terre	139
6.10.4	Vérification des caractéristiques de fonctionnement des contacts auxiliaires	140
6.10.5	Essais d'environnement	140
6.10.6	Essai diélectrique	140
6.11	Procédures d'essai des rayonnements X pour les ampoules à vide	140
6.101	Calculs et essais mécaniques	140
6.101.1	Pression du vent	140
6.101.2	Charges sur toiture	140

6.101.3	Impacts mécaniques	140
6.102	Essai d'arc interne	140
6.102.1	Généralités	140
6.102.2	Conditions d'essai	141
6.102.3	Montage de l'équipement.....	142
6.102.4	Procédure d'essai.....	142
6.102.5	Critères de réussite des essais	142
6.102.6	Rapport d'essai.....	143
6.102.7	Extension des résultats d'essais	144
6.103	Mesures ou calcul des champs électromagnétiques	144
7	Essais individuels de série	144
	<i>Remplacement:</i>	145
7.101	Essai diélectrique de l'interconnexion haute tension	145
7.102	Essais de tenue à la tension des circuits auxiliaires	145
7.103	Essais fonctionnels	145
7.104	Vérification de l'exactitude de la filerie	145
7.105	Essais après assemblage sur le site	145
8	Guide pour le choix des postes préfabriqués	145
	<i>Remplacement:</i>	145
8.101	Généralités	145
8.102	Choix des caractéristiques assignées	145
8.103	Choix de la classe d'enveloppe	146
8.104	Défaut d'arc interne	146
8.104.1	Généralités	146
8.104.2	Causes et mesures préventives	147
8.104.3	Mesures de protection supplémentaires.....	147
8.104.4	Considérations relatives au choix et à l'installation	148
8.104.5	Essai d'arc interne	149
8.104.6	Classification IAC	149
8.105	Résumé des exigences techniques, des caractéristiques assignées et des essais optionnels.....	150
9	Renseignements à donner dans les appels d'offres, les soumissions et les commandes.....	154
9.1	Renseignements dans les appels d'offres et les commandes	154
9.2	Renseignements pour les soumissions.....	155
10	Transport, stockage, installation, manœuvre et maintenance.....	156
10.1	Conditions à respecter pendant le transport, le stockage et l'installation	156
10.2	Installation	157
10.2.1	Déballage et manutention	157
10.2.2	Assemblage.....	157
10.2.3	Montage	157
10.2.4	Raccordements.....	157
10.2.5	Inspection finale de l'installation	157
10.2.6	Données d'entrée de base fournies par l'utilisateur	157
10.2.7	Données d'entrée de base fournies par le constructeur.....	158
10.3	Fonctionnement	158
10.4	Maintenance	158
10.101	Démontage, recyclage et enlèvement en fin de vie	158
11	Sécurité.....	158

11.101	Aspects électriques.....	159
11.102	Aspects mécaniques	159
11.103	Aspects thermiques	159
11.104	Aspects liés à un arc dû à un défaut interne.....	159
12	Influence du produit sur l'environnement	159
Annexe AA (normative) Défaut d'arc interne – Méthode de vérification de la classification arc interne (IAC)		160
AA.1	Généralités	160
AA.2	Local d'essai.....	160
AA.3	Indicateurs (pour évaluer l'effet thermique des gaz)	160
AA.3.1	Généralités	160
AA.3.2	Disposition des indicateurs	161
AA.4	Tolérances pour les dimensions géométriques des montages d'essai	163
AA.5	Paramètres d'essai	163
AA.6	Procédure d'essai	163
Annexe BB (normative) Essai de vérification du niveau de bruit d'un poste préfabriqué		172
BB.1	Objet.....	172
BB.2	Echantillon d'essai	172
BB.3	Méthode d'essai.....	172
BB.4	Mesures.....	172
BB.5	Présentation et calcul des résultats.....	172
Annexe CC (normative) Essai d'impact mécanique		174
CC.1	Essai de contrôle de la résistance aux impacts mécaniques.....	174
CC.2	Appareil de contrôle de la protection contre les dommages mécaniques	174
Annexe DD (informative) Caractéristique assignée des transformateurs dans les enveloppes		176
DD.1	Généralités	176
DD.2	Transformateur immergé	176
DD.3	Transformateur de type sec	177
DD.4	Exemple.....	181
Annexe EE (informative) Exemples de circuits de mise à la terre		184
Annexe FF (informative) Caractéristiques des matériaux de l'enveloppe		187
FF.1	Métaux.....	187
FF.1.1	Revêtements	187
FF.1.2	Peintures	187
FF.2	Béton.....	187
Bibliographie.....		189
Figure 101 – Mesure de l'échauffement du transformateur à l'air ambiant: Δt_1		132
Figure 102 – Mesure de l'échauffement du transformateur dans une enveloppe: Δt_2		133
Figure 103 – Schéma de la méthode préférentielle pour l'essai d'échauffement.....		135
Figure 104 – Schéma de la méthode alternative pour l'essai d'échauffement		136
Figure 105 – Schéma pour l'essai en circuit ouvert		136
Figure AA.1 – Cadre de montage pour les indicateurs verticaux.....		164
Figure AA.2 – Indicateurs horizontaux		164
Figure AA.3 – Disposition des indicateurs		167

Figure AA.4 – Sélection des essais sur l'appareillage haute tension pour la classe IAC-A.....	168
Figure AA.5 – Sélection des essais sur l'appareillage haute tension pour la classe IAC-B	169
Figure AA.6 – Sélection des essais sur les interconnexions haute tension pour la classe IAC-A.....	170
Figure AA.7 – Sélection des essais sur les interconnexions haute tension pour la classe IAC-B.....	171
Figure CC.1 – Appareil d'essai d'impact.....	175
Figure DD.1 – Facteur de charge d'un transformateur immergé dans une enveloppe	177
Figure DD.2 – Facteur de charge d'un transformateur de type sec à l'extérieur de l'enveloppe	177
Figure DD.3 – Facteur de charge de transformateur de type sec de classe d'isolation de 105 °C (A) dans une enveloppe	178
Figure DD.4 – Facteur de charge de transformateur de type sec de classe d'isolation de 120 °C (E) dans une enveloppe	178
Figure DD.5 – Facteur de charge de transformateur de type sec de classe d'isolation de 130 °C (B) dans une enveloppe	179
Figure DD.6 – Facteur de charge de transformateur de type sec de classe d'isolation de 155 °C (F) dans une enveloppe.....	179
Figure DD.7 – Facteur de charge de transformateur de type sec de classe d'isolation de 180 °C (H) dans une enveloppe	180
Figure DD.8 – Facteur de charge de transformateur de type sec de classe d'isolation de 200 °C (H) dans une enveloppe	180
Figure DD.9 – Facteur de charge de transformateur de type sec de classe d'isolation de 220 °C (H) dans une enveloppe	181
Figure EE.1 – Exemple de circuits de terre	184
Figure EE.2 – Exemple de circuits de mise à la terre	185
Figure EE.3 – Exemple de circuit de mise à la terre avec le châssis servant de conducteur principal de terre	186
 Tableau 101 – Caractéristiques des matériaux synthétiques	 124
Tableau 102 – Emplacements, causes et exemples de mesures de diminution de la probabilité d'arcs internes	147
Tableau 103 – Courant de défaut d'arc monophasé phase-terre en fonction de la mise à la terre du neutre du réseau.....	150
Tableau 104 – Résumé des exigences techniques et des caractéristiques assignées pour les postes préfabriqués (1 de 4).....	151
Tableau FF.1 – Traitement des revêtements	187
Tableau FF.2 – Essais des revêtements	187
Tableau FF.3 – Essai du béton	188

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

APPAREILLAGE À HAUTE TENSION –

Partie 202: Postes préfabriqués haute tension/basse tension

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. À cet effet, l'IEC – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de l'IEC"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) L'IEC elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de l'IEC. L'IEC n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à l'IEC, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de l'IEC, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale IEC 62271-202 a été établie par le sous-comité 17C: Ensembles d'appareillages à haute tension, du comité d'études 17 de l'IEC: Appareillage.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition, parue en 2006. Cette édition constitue une révision technique.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'édition précédente:

- a) eu égard à l'essai d'échauffement, une autre méthode pour les transformateurs immergés est (ré)introduite, et la méthode d'essai d'échauffement des transformateurs de type sec est spécifiée plus en détails;
- b) la procédure d'essai au courant de courte durée et à la valeur de crête du courant admissible est spécifiée plus en détails;

- c) l'évaluation des champs électromagnétiques est prise en compte, y compris un essai de type (facultatif) conforme à l'IEC/TR 62271-208:2009;
- d) l'influence du produit sur l'environnement est prise en compte (Article 12);
- e) les exigences d'essai d'arc interne ont été adaptées à l'IEC 62271-200:2011, et les exigences d'évaluation des volumes de décharge de pression sous le sol ont été attribuées;
- f) la méthode de définition du facteur de charge dans une enveloppe pour transformateurs immergés a été étendue aux différents échauffements, pour le transformateur placé à l'extérieur de l'enveloppe (Annexe DD);
- g) pour le calcul du facteur de charge des transformateurs de type sec dans une enveloppe, les systèmes d'isolation conformes au Tableaux B.1 et B.2 de l'IEC 60076-1:2011 ont été approfondis.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
17C/595/FDIS	17C/598/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 cette norme en conjonction avec l'IEC 62271-1:2007 et son Amendement 1:2011 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 paragraphes utilisée est la même que celle de l'IEC 62271-1. Les amendements à ces articles et paragraphes reprennent la même numérotation, et 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

Les postes préfabriqués sont définis comme un ensemble soumis à des essais de type et comprenant une enveloppe incluant en général des transformateurs, des appareillages basse tension et haute tension, des connexions et des équipements auxiliaires, destinés à fournir de l'énergie basse tension à partir d'un réseau haute tension ou inversement. Ces postes se trouvent dans des emplacements accessibles au public et il convient que la sécurité des personnes soit assurée dans les conditions de service spécifiées.

Cela signifie que, outre les caractéristiques spécifiées, les valeurs assignées et les procédures d'essai applicables, une attention particulière a été portée aux spécifications relatives à la protection des personnes, les opérateurs et le public. L'utilisation de matériels soumis à des essais de type ainsi que la conception et la construction adéquates de l'enveloppe assurent cette protection. La conception et les performances du poste préfabriqué sont vérifiées au moyen d'essais de type décrits dans la présente norme, incluant les essais d'arc dû à un défaut interne.

APPAREILLAGE À HAUTE TENSION –

Partie 202: Postes préfabriqués haute tension/basse tension

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 applicables aux postes préfabriqués haute tension/basse tension ou basse tension/haute tension qui sont connectés par câble, pour être manœuvrés de l'intérieur (à aire de manœuvre) ou de l'extérieur (sans aire de manœuvre), pour courant alternatif de tensions assignées supérieures à 1 kV et inférieures ou égales à 52 kV côté haute tension, pour un ou plusieurs transformateurs, pour des fréquences de service inférieures ou égales à 60 Hz et pour installation extérieure, dans des endroits accessibles au public et où la protection des personnes est assurée.

Les postes préfabriqués peuvent être situés au niveau du sol ou partiellement ou complètement au-dessous du niveau du sol.

En règle générale, un poste préfabriqué est composé d'une enveloppe comprenant les composants électriques suivants:

- transformateurs de puissance;
- appareillage haute tension et basse tension;
- interconnexions haute tension et basse tension;
- des équipements et circuits auxiliaires.

Toutefois, les dispositions pertinentes de la présente norme sont également applicables aux conceptions pour lesquelles tous ces composants électriques ne sont pas présents (une installation comprenant un transformateur de puissance et un appareillage basse tension, par exemple).

Il convient que les postes non préfabriqués satisfassent aux exigences de l'IEC 61936-1:2010.

1.2 Références normatives

Les documents suivants sont cités en référence de manière normative, en intégralité ou en partie, dans le présent document et sont indispensables pour son application. 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 (toutes les parties), *Vocabulaire électrotechnique international* (disponible sous www.electropedia.org)

IEC 60068-2-75:1997, *Essais d'environnement – Partie 2-75: Essais – Essai Eh: Essais aux marteaux*

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

IEC 60076-2:2011, *Transformateurs de puissance – Partie 2: Échauffement 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 60076-7:2005, *Transformateurs de puissance – Partie 7: Guide de charge pour transformateurs immergés dans l'huile*

IEC 60076-10:2001, *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 60076-13:2006, *Transformateurs de puissance – Partie 13: Transformateurs auto-protégés immergés dans un liquide diélectrique*

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)*
Amendement 1:1999
Amendement 2:2013

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*
Amendement 1:1992
Amendement 2:1995

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

IEC 60721-2-4:1987, *Classification des conditions d'environnement – Deuxième partie: Conditions d'environnement présentes dans la nature – Rayonnement solaire et température*
Amendement 1:1988

IEC/TS 60815-1:2008, *Selection and dimensioning of high-voltage insulators intended for use in polluted conditions – Part 1: Definitions, information and general principles* (disponible en anglais seulement)

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

IEC 61180-1:1992, *Techniques des essais à haute tension pour matériels à basse tension – Partie 1: Définitions, prescriptions et modalités relatives aux essais*

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

IEC 61439-2:2011, *Ensembles d'appareillage à basse tension – Partie 2: Ensembles d'appareillage de puissance*

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*
Amendement 1:2011

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 62271-201:2006, *Appareillage à haute tension – Partie 201: Appareillage sous enveloppe isolante pour courant alternatif de tensions assignées supérieures à 1 kV et inférieures ou égales à 52 kV*

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/TR 62271-300:2006, *Appareillage à haute tension – Partie 300: Qualification sismique des disjoncteurs à courant alternatif*

Guide ISO/IEC 51:1999, *Aspects liés à la sécurité – Principes directeurs pour les inclure dans les normes*

ISO 1052:1982, *Aciers de construction mécanique d'usage général*

ISO 1182:2010, *Essais de réaction au feu de produits – Essai d'incombustibilité*

ISO 1716:2010, *Essais de réaction au feu de produits — Détermination du pouvoir calorifique supérieur (valeur calorifique)*

ISO 6508-1:2005, *Matériaux métalliques – Essai de dureté Rockwell – Partie 1: Méthodes d'essais (Échelles A, B, C, D, E, F, G, H, K, N, T)*

2 Conditions normales et spéciales de service

L'Article 2 de l'IEC 62271-1:2007 est applicable, à l'exception de qui suit.

2.1 Conditions normales de service

Sauf spécification contraire dans la présente norme, le poste préfabriqué est conçu pour être utilisé dans les conditions normales de service pour les appareillages d'extérieur, conformément à l'IEC 62271-1:2007.

À l'intérieur de l'enveloppe, on peut supposer que les conditions normales de service pour l'intérieur prévalent conformément à l'IEC 62271-1:2007. Cependant, la température ambiante à l'intérieur de l'enveloppe du poste préfabriqué sera différente de la température ambiante définie en 3.111.

Si la température ambiante à l'intérieur du poste est supérieure aux limites fixées pour les composants par leurs normes de produits respectives, un déclassement peut être nécessaire.

2.1.1 Appareillage d'intérieur

Le paragraphe 2.1.1 de l'IEC 62271-1:2007 est applicable.

Paragraphe complémentaires:

2.1.1.101 Appareillage basse tension

Le paragraphe 7.1 de l'IEC 61439-1:2011 est applicable.

2.1.1.102 Transformateur

L'IEC 60076-1:2011 est applicable.

Un transformateur chargé à son courant assigné en service continu, à l'intérieur d'une enveloppe a un échauffement qui est supérieur à l'échauffement en environnement ouvert, et les limites de température définies dans l'IEC 60076-2:2011 ou l'IEC 60076-11:2004 peuvent être dépassées.

Les conditions de service du transformateur sont déterminées selon les conditions locales de service pour l'extérieur et selon la classe de l'enveloppe (voir 4.101.2).

Cela permet au constructeur ou à l'utilisateur du transformateur de calculer le déclassement possible (voir Annexe DD).

2.1.2 Appareillage pour l'extérieur

Le paragraphe 2.1.2 de l'IEC 62271-1:2007 n'est pas applicable.

2.2 Conditions spéciales de service

Le paragraphe 2.2 de l'IEC 62271-1:2007 est applicable, à l'exception de ce qui suit.

Lorsqu'un poste préfabriqué est utilisé dans des conditions autres que les conditions normales de service décrites en 2.1, se référer à ce qui suit.

2.2.1 Altitude

Le paragraphe 2.2.1 de l'IEC 62271-1:2007 est pas applicable, à l'exception de ce qui suit.

Il convient de prêter une attention particulière aux matériels suivants.

Paragraphe complémentaires:

2.2.1.101 Appareillage haute tension

Pour installation à une altitude supérieure à 1 000 m, se reporter à l'IEC 62271-1:2007.

2.2.1.102 Appareillage basse tension

Pour installation à une altitude supérieure à 2 000 m, se reporter au 7.2 de l'IEC 61439-1:2011.

2.2.1.103 Transformateur

Pour installation à une altitude supérieure à 1 000 m, se reporter à l'IEC 60076-2:2011 ou à l'IEC 60076-11:2004.

2.2.2 Pollution

Le paragraphe 2.2.2 de l'IEC 62271-1:2007 est pas applicable, à l'exception de ce qui suit.

Dans le cas où une isolation exposée existe à l'intérieur de l'enveloppe, il convient de sélectionner un degré de contamination en considérant qu'une atmosphère salée ou qu'une pollution industrielle, introduite par les ventilations de l'enveloppe, ne soit pas nettoyée par la pluie. Le degré de contamination à l'intérieur de l'enveloppe, dans de telles circonstances, peut être plus défavorable que celui existant à l'extérieur de l'enveloppe.

Pour les postes prévus pour être installés dans des environnements contaminés de classes de sévérité c, d et e selon l'IEC/TS 60815-1:2008, il convient que l'isolation exposée, s'il y a lieu, soit conçue pour résister à ces niveaux de contamination. Sinon, il convient que des mesures soient prises pour empêcher l'augmentation de la contamination sur les faces exposées de l'isolation considérée.

Pour une installation dans une atmosphère polluée, il convient de préciser le degré de contamination conformément aux normes applicables aux matériels suivants.

Paragraphe complémentaires:

2.2.2.101 Appareillage haute tension

Voir 2.2.2 de l'IEC 62271-1:2007.

NOTE Les appareillages sous enveloppe métallique, entrant dans le domaine d'application de l'IEC/TS 62271-304 et destinés à être utilisés dans des conditions de service plus sévères eu égard à la condensation et la pollution que les conditions de service normales de la présente norme, peuvent être classés dans une «classe de conception» 1 ou 2 conformément à l'IEC/TS 62271-304 afin de démontrer son aptitude à résister à ces conditions sévères.

2.2.2.102 Appareillage basse tension

Voir l'IEC 60664-1:2007 et le 7.1.3 de l'IEC 61439-1:2011.

2.2.2.103 Transformateur

En général, la série IEC 60076 n'aborde pas la contamination dans les conditions spéciales de service. Toutefois, l'IEC 60067-11:2004 décrit les conditions de service inhabituelles des transformateurs de type sec qui pourraient donner des lignes directrices en cas d'environnement contaminé.

2.2.3 Température et humidité

Le paragraphe 2.2.3 de l'IEC 62271-1:2007 est pas applicable, à l'exception de ce qui suit.

Pour un poste préfabriqué situé en un lieu où la température ambiante peut s'écarter de manière significative de la plage de conditions normales de service indiquée en 2.1, il convient de spécifier les plages de températures suivantes:

-50 °C et +40 °C pour les climats très froids;

-5 °C et +50 °C pour les climats très chauds.

Si les conditions de service sur le site d'installation prévu n'entrent pas dans les limites de "conditions normales de service", en tenant compte de la classe de l'enveloppe (voir 4.101.2), les limites de l'échauffement du transformateur doivent être modifiées en conséquence (voir Annexe DD).

2.2.4 Vibrations, chocs ou basculements

Le paragraphe 2.2.4 de l'IEC 62271-1:2007 est applicable.

2.2.5 Vitesse du vent

Le paragraphe 2.2.5 de l'IEC 62271-1:2007 est applicable.

2.2.6 Autres paramètres

Le paragraphe 2.2.6 de l'IEC 62271-1:2007 est applicable.

3 Termes et définitions

L'Article 3 de l'IEC 62271-1:2007 n'est pas applicable.

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'IEC 60050-441 ainsi que les suivants s'appliquent.

3.101

poste préfabriqué

ensemble préfabriqué et ayant subi les essais de type comprenant une enveloppe incluant en général des transformateurs de puissance, des appareillages haute tension et basse tension, des interconnexions haute tension et basse tension et des équipements et circuits auxiliaires

3.102

unité de transport

partie d'un poste préfabriqué pouvant être expédiée sans démontage

3.103

enveloppe

partie d'un poste préfabriqué assurant une protection du poste contre les influences externes et un degré spécifié de protection des opérateurs et du public contre la proximité ou le contact direct avec des pièces sous tension et contre le contact avec des pièces en mouvement

3.104

compartiment

partie d'un poste préfabriqué fermée, à l'exception des orifices nécessaires à l'interconnexion, aux commandes ou à la ventilation

Note 1 à l'article: Il est admis de désigner un compartiment par le matériel qu'il contient, par exemple, transformateur, appareillage haute tension, appareillage basse tension respectivement.

3.105

matériel

composant

partie essentielle d'un poste préfabriqué qui remplit une ou plusieurs fonctions spécifiques

Note 1 à l'article: Par exemple, transformateur, appareillage haute tension, appareillage basse tension, etc.

3.105.1

interconnexion haute tension

connexion électrique entre les bornes de l'appareillage haute tension et la borne haute tension du transformateur de puissance haute tension/basse tension

3.105.2**interconnexion basse tension**

connexion électrique entre les bornes basse tension du transformateur de puissance haute tension/basse tension et les bornes entrantes de l'appareillage basse tension

3.106**cloison**

partie d'un poste préfabriqué séparant un compartiment des autres compartiments

3.107**circuit principal**

ensemble des pièces conductrices d'un poste préfabriqué inséré dans un circuit qui est destiné à transmettre de l'énergie électrique

3.108**circuit auxiliaire**

ensemble des pièces conductrices d'un poste préfabriqué inséré dans un circuit (autre que le circuit principal) destiné à commander, mesurer, signaler, réguler, éclairer, etc.

3.109**valeur assignée**

valeur d'une grandeur fixée, généralement par le constructeur, pour un fonctionnement spécifié d'un poste préfabriqué

[SOURCE: IEC 60050-151:2001, 151-16-08, modifiée]

3.110**degré de protection**

niveau de protection assuré par une enveloppe contre l'accès aux pièces dangereuses, contre la pénétration de corps solides étrangers et/ou la pénétration de l'eau et vérifié par les méthodes d'essai normalisées

3.111**température de l'air ambiant**

température, déterminée dans des conditions spécifiées, de l'air extérieur à l'enveloppe du poste préfabriqué

3.112**classe d'enveloppe**

différence entre l'échauffement du transformateur dans l'enveloppe et l'échauffement du même transformateur à l'extérieur de l'enveloppe, dans les conditions de service normales, telles que définies en 2.1

Note 1 to entry: Les valeurs assignées du transformateur (puissance et pertes) correspondent aux valeurs assignées maximales du poste préfabriqué.

3.113**facteur de charge du transformateur**

valeur par unité de courant constant qui peut être tiré d'un transformateur à la tension assignée constante

3.114**poste préfabriqué de classe arc interne**

poste préfabriqué pour lequel les critères exigés de protection des personnes en cas d'arc dû à un défaut interne sont atteints comme le prouvent les essais de type

3.114.1

type d'accessibilité

caractéristique liée au niveau de protection assuré aux personnes ayant accès à une zone définie à l'intérieur ou autour du poste préfabriqué

3.114.2

courant de défaut d'arc

valeur efficace triphasée et, le cas échéant, monophasée phase-terre du courant de court-circuit pour laquelle le poste préfabriqué est conçu pour protéger les personnes en cas d'arc interne

3.114.3

durée de défaut d'arc

durée du courant de court-circuit pour laquelle le poste préfabriqué est conçu pour protéger les personnes en cas d'arc interne

3.115

degré de protection contre les impacts mécaniques

étendue (niveau) de la protection d'un matériel procurée par une enveloppe contre les impacts mécaniques nuisibles, et vérifiée par des méthodes d'essai normalisées

4 Caractéristiques assignées

L'Article 4 de l'IEC 62271-1:2007 est applicable, à l'exception de ce qui suit.

Les caractéristiques assignées d'un poste préfabriqué sont les suivantes:

- a) haute tension assignée;
- b) basse tension assignée;
- c) niveaux d'isolement assignés;
- d) fréquence assignée (f_r);
- e) courants assignés en service continu pour les circuits principaux (I_r);
- f) courants de courte durée admissibles assignés (I_k , I_{ke} , I_{cw}) pour les circuits principaux et les circuits de mise à la terre;
- g) valeurs de crête des courants admissibles assignés (I_p , I_{pe} , I_{pk}), pour les circuits principaux et les circuits de mise à la terre;
- h) durée de court-circuit assigné (t_k , t_{ke}), pour les circuits principaux et les circuits de mise à la terre;
- i) tension assignée d'alimentation des dispositifs de fermeture et d'ouverture et des circuits auxiliaires et de commande;
- j) fréquence assignée d'alimentation des dispositifs de fermeture et d'ouverture et des circuits auxiliaires et de commande;
- k) puissance assignée maximale du poste préfabriqué;
- l) échauffements et puissance assignée de chaque transformateur;
- m) pertes de chaque transformateur à la tension de service et au courant assignés;
- n) classe assignée d'enveloppe;
- o) caractéristiques assignées de la classe de tenue à l'arc interne (IAC), si elle a été attribuée par le constructeur.

4.1 Tension assignée (U_r)

Le paragraphe 4.1 de l'IEC 62271-1:2007 n'est pas applicable à l'ensemble de poste préfabriqué.

La tension assignée d'un poste préfabriqué est définie par les tensions assignées de son appareillage haute tension, du transformateur de puissance haute tension/basse tension et de l'appareillage basse tension.

Se reporter à l'IEC 62271-1:2007 pour l'appareillage haute tension.

Se reporter à l'IEC 60947-1 et au 5.2 de l'IEC 61439-1:2011 pour l'appareillage basse tension.

Le paragraphe 5.4.1 de l'IEC 60076-1:2011 est applicable au transformateur.

NOTE Ces valeurs sont déterminées par les caractéristiques du transformateur de puissance haute tension/basse tension. L'appareillage haute tension et basse tension peut présenter des tensions assignées supérieures aux tensions assignées du transformateur de puissance haute tension/basse tension.

4.2 Niveau d'isolement assigné

Le paragraphe 4.2 de l'IEC 62271-1:2007 n'est pas applicable à l'ensemble de poste préfabriqué.

Le niveau d'isolement assigné d'un poste préfabriqué est défini par les niveaux d'isolement assignés de l'appareillage haute tension et de l'appareillage basse tension.

Pour l'appareillage haute tension, se reporter à l'IEC 62271-1:2007, et pour l'appareillage basse tension, se reporter au 5.2 de l'IEC 61439-1:2011 et à l'IEC 60947-1:2007.

La tension de tenue assignée minimale au choc de l'appareillage basse tension doit être au moins la valeur fournie pour la catégorie IV de surtension dans le Tableau A.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 n'est pas applicable à l'ensemble de poste préfabriqué.

Pour l'appareillage haute tension, se reporter à l'IEC 62271-1:2007, et pour l'appareillage basse tension, se reporter à l'IEC 60947-1:2007 et au 5.5 de l'IEC 61439-1:2011.

4.4 Courant assigné en service continu et échauffement

4.4.1 Courant assigné en service continu (I_r)

Le paragraphe 4.4.1 de l'IEC 62271-1:2007 n'est pas applicable à l'ensemble de poste préfabriqué.

Pour l'appareillage haute tension, se reporter à l'IEC 62271-1:2007, et pour l'appareillage basse tension, se reporter au 5.3 de l'IEC 61439-1:2011.

4.4.2 Échauffement

Le paragraphe 4.4.2 de l'IEC 62271-1:2007 n'est pas applicable à l'ensemble de poste préfabriqué.

Pour toutes les parties accessibles de l'enveloppe du poste, la température maximale admissible ne doit pas excéder 70 °C à une température ambiante maximale de 40 °C, en excluant les effets des radiations solaires.

Pour l'appareillage haute tension, se reporter à l'IEC 62271-1:2007.

Pour l'appareillage basse tension, se reporter au 9.2 de l'IEC 61439-1:2011.

Pour les fonctions du transformateur, se reporter à l'IEC 60076-2:2011 et à l'IEC 60076-11:2004.

Les matériels d'un poste préfabriqué qui font l'objet de spécifications séparées non couvertes par le domaine d'application de l'IEC 62271-1:2007, l'IEC 61439-1:2011, l'IEC 60076-2:2011 et l'IEC 60076-11:2004, ne doivent pas dépasser les limites maximales admissibles de température et d'échauffement spécifiées dans la norme applicable à chacun de ces matériels.

Les échauffements admissibles maximaux à prendre en compte pour les interconnexions haute tension et basse tension sont ceux spécifiés dans l'IEC 62271-1:2007 et au 9.2 de l'IEC 61439-1:2011 pour les contacts, raccords et pièces métalliques en contact avec un isolant, selon le cas. Pour le transformateur, on prend en compte le facteur de charge pour satisfaire à l'Article 2 de la présente norme. Se reporter à l'Annexe DD, ainsi qu'à l'IEC 60076-7 et à l'IEC 60076-12:2008.

4.4.3 Points particuliers du Tableau 3

Le paragraphe 4.4.3 de l'IEC 62271-1:2007 est pas applicable.

4.5 Courant de courte durée admissible assigné (I_k)

Le paragraphe 4.5 de l'IEC 62271-1:2007 n'est pas applicable à l'ensemble de poste préfabriqué.

Pour les courants de courte durée admissible assigné I_k et I_{ke} de l'appareillage haute tension, de l'interconnexion haute tension et du circuit de mise à la terre, le 4.5 de l'IEC 62271-1:2007 est applicable, avec les compléments suivants:

Paragraphes complémentaires:

4.5.101 Courant de courte durée admissible assigné de l'appareillage haute tension et de l'interconnexion haute tension (I_k)

Le courant de courte durée admissible assigné I_k doit être attribué à un appareillage haute tension et à une interconnexion haute tension.

NOTE En principe, le courant de courte durée admissible assigné d'un circuit principal ne peut pas dépasser les valeurs assignées correspondantes au plus faible des composants connectés en série. Cependant, pour chaque circuit ou compartiment haute tension, il est admis de pouvoir tenir compte de l'action de tous les dispositifs qui limitent le courant de court-circuit, tels que fusibles limiteurs de courant, réactances, etc.

4.5.102 Courant de courte durée admissible assigné phase-terre (I_{ke})

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

NOTE Les caractéristiques assignées du court-circuit applicables au circuit de mise à la terre dépendent du type de mise à la terre du neutre des réseaux auxquels elles sont destinées. Voir Tableau 103.

4.5.103 Courants de courte durée admissibles assignés de l'appareillage basse tension et de l'interconnexion basse tension (I_{cw})

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

4.6 Valeur de crête du courant admissible assigné (I_p)

Le paragraphe 4.6 de l'IEC 62271-1:2007 n'est pas applicable à l'ensemble de poste préfabriqué.

Pour les courants de crête assignés admissibles I_p et I_{pe} de l'appareillage haute tension, de l'interconnexion haute tension et du circuit de mise à la terre, le 4.6 de l'IEC 62271-1:2007 est applicable, avec les compléments suivants:

Paragraphe complémentaires:

4.6.101 Courant de crête admissible assigné (I_p)

NOTE En principe, le courant de crête admissible assigné d'un circuit principal ne peut pas dépasser les valeurs assignées correspondantes au plus faible des composants connectés en série. Cependant, pour chaque circuit ou compartiment haute tension, il est admis de pouvoir tenir compte de l'action de tous les dispositifs qui limitent le courant de court-circuit, tels que fusibles limiteurs de courant, réactances, etc.

4.6.102 Courant phase-terre de crête admissible assigné (I_{pe})

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

4.6.103 Valeurs de crête du courant admissible assigné de l'appareillage basse tension et de l'interconnexion basse tension (I_{pk})

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

4.7 Durées de court-circuit assignée (t_k)

Le paragraphe 4.7 de l'IEC 62271-1:2007 n'est pas applicable à l'ensemble de poste préfabriqué.

Pour les durées de court-circuit assignées t_k et t_{ke} de l'appareillage haute tension, de l'interconnexion haute tension et du circuit de mise à la terre, le 4.7 de l'IEC 62271-1:2007 est applicable, avec les compléments suivants:

Paragraphe complémentaires:

4.7.101 Durée de court-circuit assignée (t_k)

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

NOTE En principe, la durée de court-circuit assignée d'un circuit principal ne peut pas dépasser les valeurs assignées correspondantes au plus faible des composants connectés en série. Cependant, pour chaque circuit ou compartiment haute tension, il est admis de pouvoir tenir compte de l'action de tous les dispositifs qui limitent la durée du courant de court-circuit, tels que fusibles limiteurs de courant.

4.7.102 Durée de court-circuit phase-terre assignée (t_{ke})

Une durée de court-circuit phase-terre assignée doit également être attribuée au circuit de mise à la terre (t_{ke}). Cette valeur peut différer de celle du circuit principal.

4.7.103 Durée de court-circuit assignée de l'appareillage basse tension et de l'interconnexion basse tension

Voir le 5.3.4 de l'IEC 61439-1:2011 pour l'appareillage basse tension et attribuer une durée de court-circuit assignée à l'interconnexion basse tension.

4.7.104 Durée de court-circuit assignée des transformateurs

Voir l'IEC 60076-5:2006 et l'IEC 60076-11:2004.

4.8 Tension assignée d'alimentation des dispositifs de fermeture et d'ouverture et des circuits auxiliaires et de commande (U_a)

Le paragraphe 4.8 de l'IEC 62271-1:2007 n'est pas applicable à l'ensemble de poste préfabriqué.

Pour l'appareillage haute tension, se reporter à l'IEC 62271-1:2007; pour l'appareillage basse tension, se reporter à 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 n'est pas applicable à l'ensemble de poste préfabriqué.

Pour l'appareillage haute tension, se reporter à l'IEC 62271-1:2007; pour l'appareillage basse tension, se reporter à l'IEC 61439-1:2011.

4.10 Pression assignée d'alimentation en gaz comprimé pour les systèmes à pression entretenue

Le paragraphe 4.10 de l'IEC 62271-1:2007 n'est pas applicable à l'ensemble de poste préfabriqué.

Pour l'appareillage haute tension, le paragraphe 4.10 de l'IEC 62271-1:2007 est applicable.

4.11 Niveaux assignés de remplissage pour l'isolement et/ou la manœuvre

Le paragraphe 4.11 de l'IEC 62271-1:2007 n'est pas applicable à l'ensemble de poste préfabriqué.

Pour l'appareillage haute tension, le paragraphe 4.11 de l'IEC 62271-1:2007 est applicable.

Paragraphes complémentaires:

4.101 Puissance maximale et classe d'enveloppe assignées

4.101.1 Puissance assignée maximale du poste préfabriqué

La puissance maximale assignée d'un poste préfabriqué est donnée par la puissance maximale assignée et les pertes totales assignées du ou des transformateurs (comme définies dans l'IEC 60076-1:2011 ou l'IEC 60076-11:2004) pour lesquelles le poste a été conçu.

4.101.2 Classe d'enveloppe assignée

La classe d'enveloppe assignée est la classe d'enveloppe correspondant à la puissance maximale assignée du poste préfabriqué.

La classe d'enveloppe assignée, l'échauffement du transformateur et les conditions de service permettent de déterminer le facteur de charge du transformateur conformément à l'Annexe DD.

Il y a six classes d'enveloppe assignées: les classes 5, 10, 15, 20, 25 et 30 correspondant à une valeur maximale de différence d'échauffement du transformateur de 5 K, 10 K, 15 K, 20 K, 25 K et 30 K respectivement (voir Figures 101 et 102).

NOTE Le constructeur peut assigner à une même enveloppe plusieurs classes correspondant à différentes valeurs de puissance et de pertes du transformateur. Ces classes supplémentaires sont confirmées par des essais conformément à 6.5 (voir aussi 8.103).

4.102 Caractéristiques assignées de la classe de tenue à l'arc interne

4.102.1 Généralités

Si une classification IAC est attribuée par le constructeur, plusieurs caractéristiques assignées doivent être spécifiées. Ces caractéristiques assignées sont divisées 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 dans le cas d'un arc interne sont considérés:

Type d'accessibilité A: pour les postes assurant la protection des opérateurs en service normal à l'intérieur ou à proximité du côté haute tension du poste.

NOTE 1 Pour vérifier la protection apportée aux opérateurs, il est fait une distinction entre deux types de poste, selon leur mode d'exploitation.

- a) Poste manœuvré de l'intérieur: Personnel autorisé à l'intérieur du poste avec porte ouverte.
- b) Poste manœuvré de l'extérieur: Personnel autorisé sur le côté d'exploitation haute tension du poste avec porte ouverte.

Type d'accessibilité B: pour les postes assurant la protection du public aux alentours du poste sur tous ses côtés et à tout moment.

NOTE 2 Pour être qualifié pour cette classe, l'accessibilité libre est considérée pour toutes les faces du poste avec toutes les portes fermées, quel que soit le mode d'exploitation du poste (de l'intérieur ou de l'extérieur).

Type d'accessibilité AB: pour les postes assurant la protection des opérateurs et du public.

Pour être qualifié pour cette classe, ces postes doivent satisfaire aux exigences du type A et du type B avec les mêmes valeurs de courant d'essai en kA et de durée en seconde(s).

4.102.3 Courants de défaut d'arc assignés (I_A , I_{Ae})

Il convient de choisir la valeur normalisée des courants de défaut d'arc assignés parmi les valeurs assignées de l'IEC 60059:1999.

Deux caractéristiques assignées de courant de défaut d'arc sont reconnues:

- a) courant de défaut d'arc triphasé (I_A);
- b) courant de défaut d'arc monophasé phase-terre (I_{Ae}), le cas échéant.

Si seule la caractéristique assignée triphasée est spécifiée, la caractéristique assignée monophasée est par défaut égale à 87 % de la caractéristique assignée triphasée, et n'a pas à être spécifiée.

NOTE 1 Le constructeur spécifie les compartiments de l'appareillage haute tension auxquels la caractéristique assignée de courant de défaut d'arc monophasée phase-terre s'applique. Cette valeur est attribuée à l'appareillage si sa construction empêche l'arc d'évoluer en polyphasé, comme démontré au cours de 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 8.104.6.

Lorsque tous les compartiments à haute tension ne sont conçus que pour des défauts d'arc monophasé phase-terre, la caractéristique assignée I_A ne doit pas être attribuée.

NOTE 3 Des informations sur la relation qui existe entre le type de régime de mise à la terre du neutre et le courant de défaut d'arc monophasé phase-terre sont fournies en 8.104.6 et au Tableau 103.

4.102.4 Durée de défaut d'arc assignée (t_A , t_{Ae})

Les valeurs normales 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 de l'essai (t_{Ae}) de défaut d'arc monophasé phase-terre doit être spécifiée par le constructeur.

NOTE Il n'est généralement pas possible de calculer la durée d'arc permise pour un courant différent du courant d'essai.

5 Conception et construction

L'Article 5 de l'IEC 62271-1:2007 n'est pas applicable à l'ensemble de poste préfabriqué.

Les postes préfabriqués doivent être conçus de telle façon que les opérations normales d'exploitation, de contrôle et de maintenance puissent être effectuées en toute sécurité. De plus le poste doit être conçu et fabriqué de sorte que le risque de tout accès non autorisé soit minimisé. Une attention particulière doit être portée aux paumelles, ouvrants, systèmes de fermeture, etc.

La conception du poste doit tenir compte des interactions possibles (électriques, mécaniques et thermiques, par exemple) sur les performances des différents composants.

Tous les composants doivent satisfaire aux normes IEC applicables.

En particulier,

- les transformateurs selon l'IEC 60076-1:2011, l'IEC 60076-11:2004 ou l'IEC 60076-13:2006;
- l'appareillage haute tension selon l'IEC 62271-200:2011 ou l'IEC 62271-201:2006;
- l'appareillage basse tension selon l'IEC 60947-1 et l'IEC 61439-2:2011.

5.1 Exigences pour les liquides utilisés dans l'appareillage

Pour l'appareillage haute tension, le paragraphe 5.11 de l'IEC 62271-1:2007 n'est pas applicable à l'ensemble de poste.

5.2 Exigences pour les gaz utilisés dans l'appareillage

Pour l'appareillage haute tension, le paragraphe 5.2 de l'IEC 62271-1:2007 n'est pas applicable à l'ensemble de poste.

NOTE Pour la manipulation de SF₆, se référer à l'IEC/TR 62271-4 (voir Bibliographie).

5.3 Raccordement à la terre de l'appareillage

Le paragraphe 5.3 de l'IEC 62271-1:2007 n'est pas applicable et a été remplacé par le suivant.

Il doit être prévu un système conducteur principal pour relier à la terre toutes les parties métalliques du poste préfabriqué, n'appartenant pas au circuit principal et/ou aux circuits secondaires/auxiliaires des équipements. Il consiste en un conducteur principal de mise à la terre sur lequel chaque composant est connecté par un circuit unique.

Si le châssis de l'enveloppe ou le ferrailage du béton, est réalisé en métal riveté ou soudé, il peut servir comme conducteur principal de l'installation de mise à la terre.

L'Annexe EE montre quelques exemples courants d'installations de mise à la terre.

Le conducteur principal de l'installation de mise à la terre doit être capable de supporter le courant de court-circuit phase-terre et sa valeur de crête assignés depuis chaque composant du poste préfabriqué jusqu'à la connexion à la terre à l'extérieur, selon la condition de mise à la terre du neutre de l'installation.

NOTE 1 En général, l'exigence ci-dessus est remplie si un conducteur de terre de section appropriée est disposé sur toute la longueur du poste préfabriqué. À titre de guide, la densité du courant dans le conducteur de terre, s'il est en cuivre, ne dépasse pas 200 A/mm² pendant une durée de court-circuit assignée de 1 s, et 125 A/mm² pendant une durée de court-circuit assignée de 3 s.

NOTE 2 Une méthode de calcul des sections de conducteurs est donnée dans l'IEC 60724; se reporter à la Bibliographie.

Le circuit de terre est généralement conçu pour supporter une fois un défaut de court-circuit, ce qui peut nécessiter après ce type de phénomène de procéder à des opérations de maintenance.

Si un conducteur de terre dédié est utilisé comme circuit de terre de l'appareillage, sa section doit être d'au moins 30 mm².

La continuité de l'installation de mise à la terre doit être assurée et des mesures appropriées contre la corrosion, la perte de boulons, etc. doivent être prises, en tenant compte des sollicitations thermiques et mécaniques causées par le courant qu'il peut avoir à supporter.

NOTE 3 Des procédures peuvent être établies par les utilisateurs pour contrôler l'intégrité de toutes les parties de l'installation de mise à la terre (interne et externe) soit périodiquement ou après l'écoulement d'un courant de court-circuit au travers de l'installation de mise à la terre.

Les matériels suivants doivent être reliés au circuit de mise à la terre:

- l'enveloppe du poste préfabriqué si elle est métallique;
- l'enveloppe de l'appareillage haute tension, si elle est métallique, à partir de la borne prévue à cet effet;
- les écrans métalliques et les conducteurs de terre des câbles haute tension;
- la cuve du transformateur ou le châssis métallique des transformateurs de type sec;
- le châssis et/ou l'enveloppe, si elle est métallique, de l'appareillage basse tension;
- la connexion de mise à la terre des commandes automatiques et des dispositifs de télécommande.

Si l'enveloppe du poste préfabriqué est métallique, les capots, les portes et les autres parties métalliques accessibles de l'enveloppe doivent être conçus pour conduire un courant continu de 30 A jusqu'au point de raccordement sur le circuit principal de mise à la terre, avec une chute de tension maximale de 3 V. Des mesures appropriées de mise à la terre autour du poste préfabriqué doivent être prévues pour éviter les tensions dangereuses de toucher et de pas.

Si l'enveloppe du poste préfabriqué n'est pas métallique, il n'est pas nécessaire de raccorder les capots, les portes, et les autres parties métalliques accessibles de l'enveloppe, au circuit de mise à la terre, à moins qu'il y ait un risque que les parties actives entrent en contact avec ces mêmes parties métalliques.

5.4 Équipements auxiliaires et de commande

Le paragraphe 5.4 de l'IEC 62271-1:2007 n'est pas applicable.

Pour l'installation basse tension à l'intérieur du poste préfabriqué (par exemple, éclairage, alimentation auxiliaire, etc.) se reporter à l'IEC 60364-4-41:2005 ou à 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 n'est pas applicable à l'ensemble de poste préfabriqué.

5.6 Manœuvre à accumulation d'énergie

Le paragraphe 5.6 de l'IEC 62271-1:2007 n'est pas applicable à l'ensemble de poste préfabriqué.

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 n'est pas applicable à l'ensemble de poste préfabriqué.

5.8 Fonctionnement des déclencheurs

Le paragraphe 5.8 de l'IEC 62271-1:2007 n'est pas applicable à l'ensemble de poste préfabriqué.

5.9 Dispositifs de verrouillage et de surveillance basse et haute pression

Le paragraphe 5.9 de l'IEC 62271-1:2007 n'est pas applicable à l'ensemble de poste préfabriqué.

5.10 Plaques signalétiques

En lieu et place du paragraphe 5.10 de l'IEC 62271-1:2007 les dispositions suivantes s'appliquent.

Chaque poste préfabriqué doit être muni d'une plaque signalétique durable et clairement lisible qui doit contenir au moins les renseignements suivants:

- le nom du constructeur ou la marque;
- la désignation du type;
- la désignation de la classification IAC, le cas échéant;
- le numéro de série;
- la référence du manuel d'instructions;
- le numéro de la présente norme;
- l'année de fabrication.

Les caractéristiques assignées de l'appareillage haute tension, des transformateurs de puissance et de l'appareillage basse tension doivent être fournies sur des plaques signalétiques séparées, telles que définies dans leurs normes respectives.

5.11 Dispositifs de verrouillages

Le paragraphe 5.11 de l'IEC 62271-1:2007 n'est pas applicable et a été remplacé par le suivant.

Le verrouillage peut être nécessaire pour assurer la séquence correcte de fonctionnement de l'équipement, afin de réduire les risques auxquels sont exposées les personnes et ne pas endommager l'équipement. Le verrouillage peut être assuré par des moyens électriques ou mécaniques. En cas de coupure d'alimentation électrique, les schémas de verrouillage électrique doivent être conçus pour s'interrompre en toute sécurité.

5.12 Indicateur de position

Le paragraphe 5.12 de l'IEC 62271-1:2007 n'est pas applicable à l'ensemble de poste préfabriqué.

5.13 Degré de protection procuré par les enveloppes

Le paragraphe 5.13 de l'IEC 62271-1:2007 est applicable, avec les compléments suivants.

Le degré de protection minimal de l'enveloppe du poste préfabriqué doit être le degré IP23D, conformément à l'IEC 60529:1989, Amendement 1:1999, Amendement 2:2013. Il est admis de spécifier un degré de protection supérieur conformément à l'IEC 60529:1989, Amendement 1:1999, Amendement 2:2013.

Pour les postes compartimentés, les degrés de protection peuvent être définis pour chaque partie de l'enveloppe correspondant à chaque compartiment.

NOTE Le degré de protection des postes préfabriqués peut être réduit quand les portes du poste/compartiment sont ouvertes (par exemple, pour l'exploitation, l'inspection, etc.). D'autres précautions peuvent être nécessaires pour la protection des personnes contre une approche des parties dangereuses, satisfaisant pleinement aux mesures de sécurité de 8.1 de l'IEC 61936-1:2010.

5.14 Lignes de fuite pour les isolateurs d'extérieur

Le paragraphe 5.14 de l'IEC 62271-1:2007 n'est pas applicable.

5.15 Étanchéité au gaz et au vide

Le paragraphe 5.14 de l'IEC 62271-1:2007 n'est pas applicable à l'ensemble de poste préfabriqué.

5.16 Étanchéité au liquide

Le paragraphe 5.15 de l'IEC 62271-1:2007 n'est pas applicable à l'ensemble de poste préfabriqué.

5.17 Risque de feu (Inflammabilité)

Le paragraphe 5.17 de l'IEC 62271-1:2007 n'est pas applicable et a été remplacé par ce qui suit:

Pour l'enveloppe du poste préfabriqué, se référer au 5.104.2.

5.18 Compatibilité électromagnétique (CEM)

Le paragraphe 5.18 de l'IEC 62271-1:2007 pour l'appareillage haute tension et 9.4 de l'IEC 61439-1:2011 pour l'appareillage basse tension sont applicables.

Les caractéristiques d'émission et d'immunité d'un poste préfabriqué sont données par celles de ses composants actifs.

Paragraphe complémentaires:

5.101 Protection du poste préfabriqué contre les contraintes mécaniques

L'enveloppe d'un poste préfabriqué doit avoir une résistance mécanique suffisante et doit supporter les charges et les impacts suivants:

a) charge sur le toit:

- au minimum 2 500 N/m² (charges de montage ou autres charges);

Si le poste préfabriqué est installé en un lieu où une sollicitation plus importante peut être prévue (par exemple, un poste enterré situé dans une aire de trafic de véhicules, des charge de neige, etc.), cela doit être pris en considération, lorsque c'est le cas, selon la réglementation nationale ou locale en vigueur ou la spécification de l'utilisateur.

- charges de neige selon les conditions climatiques locales;

b) pression du vent sur l'enveloppe:

- pression du vent conformément à 2.1.2 de l'IEC 62271-1:2007;

c) impacts mécaniques externes sur les capots, les portes et les ouvertures de ventilation:

- impacts mécaniques externes d'une énergie de 20 J correspondant au degré de protection IK10.

Les impacts mécaniques accidentels au-delà de cette valeur (par exemple, du fait d'accidents de la circulation) ne sont pas couverts par la présente norme et il convient de les éviter si nécessaire par d'autres moyens de protection autour et à l'extérieur du poste préfabriqué.

5.102 Protection de l'environnement contre les conséquences des défauts internes

Dans le cas de défauts internes laissant s'échapper des liquides dangereux d'un équipement (exemple: huile de transformateur ou d'appareillage), des mesures doivent être prises pour conserver ces liquides et empêcher le sol d'être pollué.

Si un ou plusieurs réservoirs font partie de l'enveloppe, leur contenance doit être au moins:

- pour chaque réservoir individuel: le volume total pour chaque composant contenant un liquide dangereux (par exemple, le transformateur, l'appareillage, etc.);
- pour un réservoir commun: la totalité du plus important volume contenant un liquide dangereux (par exemple, le transformateur, l'appareillage, etc.).

5.103 Défaut d'arc interne

Un poste préfabriqué qui satisfait aux exigences de la présente norme est conçu, en principe, pour éviter les défauts d'arc interne.

Pour parvenir à cet objectif, le constructeur du poste préfabriqué doit assurer une fabrication correcte, vérifiée par des essais individuels de série réalisés conformément à l'Article 7. À son tour, l'utilisateur doit faire un choix convenable, selon les caractéristiques du réseau, les procédures d'exploitation et les conditions de service (voir Article 8).

Il convient que la probabilité qu'un arc interne se produise pendant toute la durée de vie soit minimale, si le poste est installé, exploité et maintenu suivant les instructions fournies par le constructeur, cependant cela ne peut être complètement négligé.

Un défaut à l'intérieur de l'enveloppe du poste préfabriqué dû soit à des défauts, soit à des conditions de service exceptionnelles ou soit à une fausse manœuvre, peut générer un arc interne, qui représente un danger si des personnes sont présentes. Les défauts peuvent se produire dans n'importe quelle partie du poste. Toutefois, comme aucune exigence d'essai d'arc interne pour les appareillages basse tension et les transformateurs n'est décrite dans leurs normes respectives, seuls les défauts d'arc se produisant à l'intérieur d'une enveloppe

de l'appareillage haute tension et dans les interconnexions haute tension sont pris en considération dans la présente norme (voir 6.102).

NOTE L'IEC/TR 61641:2008 donne les lignes directrices pour un essai d'arc interne dans un appareillage basse tension sous enveloppe.

Pour les dispositions de poste sans appareillage haute tension, se reporter au 6.102.2.

Pour prendre en considération ce danger, une distinction doit être faite entre les opérateurs et le public. L'opérateur peut se situer à l'intérieur du poste (s'il est manœuvré de l'intérieur) ou devant lui (s'il est manœuvré de l'extérieur). Cependant le public peut être autour à n'importe quel moment. Le public ne sera jamais à l'intérieur du poste ou à proximité des côtés d'exploitation quand les manœuvres sont réalisées avec les portes ouvertes (s'il est manœuvré de l'extérieur). Ces zones sont considérées à accessibilité limitée uniquement aux opérateurs.

La preuve de l'efficacité de la conception pour assurer la protection du public et/ou des opérateurs en cas de défaut d'arc interne peut être nécessaire. Cette preuve doit être obtenue en soumettant le poste à des essais selon 6.102 et l'Annexe AA. Les postes qui satisfont aux essais sont qualifiés Classe IAC-A, IAC-B ou IAC-AB.

En cas de défaut d'arc interne, des gaz présentant des caractéristiques toxiques peuvent être présents. Cependant cela n'est pas applicable à la sécurité des opérateurs car dans de tels cas l'évacuation de l'aire de manœuvre est obligatoire. Plus tard la ventilation du compartiment à aire de manœuvre est nécessaire avant de le réintégrer.

5.104 Enveloppe

5.104.1 Généralités

L'enveloppe doit remplir les conditions suivantes:

- le degré de protection doit satisfaire à 5.13;
- les parties de l'enveloppe qui sont en matériaux non conducteurs doivent satisfaire à des exigences diélectriques spéciales. Les essais afin de s'assurer de la conformité sont décrits en 6.2.101.2.2;
- toutes les mesures nécessaires doivent être prises pour éviter toute déformation qui pourrait résulter du transport ou de la manutention effectuée conformément aux instructions du constructeur;
- les moyens doivent être fournis pour garantir l'accès en toute sécurité pour les opérations concernant le changeur de prises du transformateur ou le contrôle, par exemple par l'ouverture d'une porte ou, si nécessaire, par dépose d'un capot;
- le refroidissement d'un poste préfabriqué par ventilation naturelle;

NOTE La présente norme couvre uniquement les conceptions utilisant une ventilation naturelle. Un poste préfabriqué employant d'autres moyens de refroidissement (par exemple, refroidissement forcé) fait l'objet d'un accord entre le constructeur et l'utilisateur. Dans tous les cas, le refroidissement forcé peut être réalisé en poussant de l'air frais au bas de l'enveloppe ou en extrayant l'air chaud en haut de l'enveloppe. On veille à éviter tout raccourci entre entrée et sortie d'air qui pourrait réduire l'efficacité du système de ventilation.

- il est acceptable qu'une partie d'enveloppe d'un matériel devienne une partie de l'enveloppe du poste. Dans un tel cas, cette partie doit être conforme aux exigences applicables de la présente norme et de la norme de produit respective du matériel.

5.104.2 Tenue au feu

5.104.2.1 Généralités

Les matériaux utilisés pour la construction de l'enveloppe du poste préfabriqué doivent avoir le niveau minimal suivant de tenue à un feu se produisant à l'intérieur ou à l'extérieur du poste préfabriqué.

Les matériaux doivent être soit non inflammables soit, s'il s'agit de matériaux synthétiques, conformes à 5.104.2.3.

NOTE 1 Pour la tenue au feu, seule la réaction au feu a été prise en compte. Il est admis de tenir compte de la résistance au feu, selon les réglementations locales, sous réserve d'accord entre le constructeur et l'utilisateur.

NOTE 2 Les matériaux de revêtements additionnels à but esthétique qui peuvent ne pas satisfaire aux essais de non-inflammabilité peuvent être utilisés. Ces matériaux ne font pas partie de la structure de l'enveloppe du poste.

5.104.2.2 Matériaux conventionnels

Les matériaux énumérés ci-après conviennent pour les postes préfabriqués et sont considérés non inflammables:

- béton;
- métal (acier, aluminium, etc.);
- plâtre;
- fibre de verre ou laine de roche.

5.104.2.3 Matériaux synthétiques

L'utilisation d'enveloppes réalisées en matériaux synthétiques est soumise à accord entre constructeur et utilisateur.

En cas d'accord, les matériaux synthétiques doivent être soumis à des essais conformément à l'ISO 1182:2010 et à l'ISO 1716:2010 respectant au minimum les valeurs du Tableau 101.

Tableau 101 – Caractéristiques des matériaux synthétiques

Caractéristiques de performance	Valeurs exigées	Norme
Pouvoir calorifique supérieur (PCS) [en MJ/kg]	$\leq 3,0$ MJ/kg	ISO 1716:2010
Echauffement (T) [en °C]	≤ 50 °C	ISO 1182:2010
Perte de masse (Δm) [en %]	≤ 50 %	ISO 1182:2010
Durée de flamme persistante (t_f) [en s]	20 s	ISO 1182:2010

5.104.2.4 Autres matériaux

Le constructeur doit démontrer la non-inflammabilité des matériaux utilisés qui doit être au moins équivalente à celle des matériaux visés par 5.104.2.3.

5.104.3 Corrosion

5.104.3.1 Généralités

L'enveloppe du poste peut être réalisée avec différents matériaux (béton, métal, matériaux synthétiques, etc.). Il convient que les matériaux de l'enveloppe résistent aux détériorations dans les conditions environnementales (voir Article 2) durant la durée de vie estimée, lorsque les recommandations de maintenance données par le constructeur ont été suivies.

Un revêtement ou un traitement de surface supplémentaire peut être utilisé.

Pour évaluer la performance de tels traitements les normes internationales appropriées peuvent être utilisées.

La série IEC 60068 donne des informations sur les procédures et la sévérité des essais d'environnement.

Il convient que les caractéristiques des revêtements et des peintures des matériaux soient établies par le constructeur. Des informations supplémentaires sont données en Annexe FF.

Si l'enveloppe fait partie du conducteur principal de l'installation de mise à la terre, des précautions doivent être prises pour empêcher la corrosion des éléments et des surfaces de contact participant au trajet d'écoulement du courant à la terre, pour maintenir le courant admissible durant sa durée de vie estimée.

5.104.3.2 Béton

Le béton doit être protégé contre les effets de pénétration d'eau, de carbonatation, de gel, de chlorures et des attaques chimiques.

La peinture ou les enduits adaptés peuvent être utilisés si cela est approprié. Il convient que l'adhérence, le vieillissement (chaleur humide) et la résistance à l'abrasion soient pris en considération.

5.104.3.3 Métaux

La protection contre la corrosion doit être assurée par l'utilisation de matériaux appropriés ou par l'application de revêtements de protection appropriés sur les surfaces exposées. Des informations supplémentaires sont données en FF.1.1 et FF.1.2. Le constructeur doit veiller à tenir compte des caractéristiques de tenue à la corrosion du matériau.

5.104.3.4 Matériaux synthétiques et composites

Il convient de prendre en considération le vieillissement (chaleur sèche et chaleur humide) et les rayonnements ultraviolets. De plus, ces matériaux peuvent être protégés par des peintures ou des revêtements adaptés.

5.104.4 Capots et portes

Les capots et les portes font partie de l'enveloppe. Lorsqu'ils sont fermés, ils doivent assurer le degré de protection spécifié pour l'enveloppe. Lorsque des ouvertures de ventilation sont incorporées aux capots ou aux portes, il est fait référence à 5.104.5.

Deux catégories de capots ou portes sont reconnues, en ce qui concerne l'accès aux compartiments du poste préfabriqué:

- a) ceux qu'il est nécessaire d'ouvrir à des fins normales d'exploitation (capots amovibles, portes). Leur ouverture ou leur dépose ne doit pas nécessiter d'outils. Ils doivent être munis de dispositifs de verrouillage à moins que la sécurité des personnes ne soit assurée par un dispositif d'interverrouillage approprié;
- b) tous les autres capots, portes ou toits. Ils doivent être munis de dispositifs de verrouillage ou il ne doit pas être possible de les ouvrir ou de les enlever avant que les portes utilisées pour les manœuvres normales n'aient été ouvertes. Ils doivent nécessiter l'utilisation d'outils pour leur ouverture ou leur enlèvement.

Les portes doivent s'ouvrir vers l'extérieur, à un angle d'au moins 90° et doivent être équipées d'un dispositif permettant de les maintenir en position ouverte. Si les portes sont articulées horizontalement en haut, il convient que l'angle d'ouverture minimal soit de 90°. Les postes

préfabriqués situés sous le niveau du sol nécessitent une trappe d'accès assurant une sécurité suffisante pour le personnel ainsi que pour toute personne passant à proximité. Cette trappe doit pouvoir être manipulée par une seule personne.

Il doit être possible de sécuriser la trappe d'accès afin d'empêcher sa fermeture tant que des opérateurs sont à l'intérieur du poste ou opèrent sur des équipements à l'extérieur de celui-ci.

5.104.5 Ouvertures de ventilation

Les ouvertures de ventilation doivent être disposées ou protégées de manière à assurer le même degré de protection (code IP) et le même degré de protection contre les impacts mécaniques (code IK) que celui spécifié pour l'enveloppe ou pour le compartiment ventilé à cloisons.

De telles ouvertures peuvent être équipées de grillages ou de dispositifs analogues à condition que le degré de protection IK soit maintenu.

5.104.6 Cloisons

Le degré de protection des cloisons, si elles existent, doit être spécifié conformément au Tableau 7 de l'IEC 62271-1:2007.

Le degré de protection contre les impacts mécaniques des cloisons, le cas échéant, doit être spécifié conformément à l'IEC 62262:2002.

5.105 Autres dispositions

5.105.1 Dispositions pour les essais diélectriques des câbles

Un espace et des moyens d'accès suffisants aux compartiments de raccordement haute tension et/ou aux points d'essai des câbles de l'appareillage haute tension doivent être prévus, afin de réaliser, en toute sécurité, les essais diélectriques sur les câbles.

5.105.2 Équipements auxiliaires

Il convient de prévoir un espace suffisant pour les équipements auxiliaires, par exemple, les dispositifs de mise à la terre, les leviers, etc.

5.105.3 Couloir de manœuvre

La largeur d'un couloir de manœuvre de poste préfabriqué manœuvré de l'intérieur doit permettre d'effectuer toute manœuvre et toute opération de maintenance. La largeur de ce couloir doit être au moins de 800 mm. Les portes de l'appareillage à l'intérieur du poste préfabriqué doivent se fermer dans le sens de la sortie ou tourner de telle manière qu'elles ne réduisent pas la largeur du couloir. Les portes, retenues en position ouverte ou les dispositifs de manœuvre dépassant de l'appareillage ne doivent pas réduire la largeur du couloir à moins de 500 mm.

5.105.4 Étiquettes

Les étiquettes d'avertissement, d'instructions du constructeur, etc. ainsi que celles destinées à satisfaire à des normes et réglementations locales doivent être durables et clairement lisibles.

5.106 Emission de bruit

Le(s) transformateur(s) sont les principales sources de bruit. Par ailleurs, il n'y a pas d'exigence dans les normes applicables aux appareillages haute tension et basse tension concernant ce sujet, et la contribution directe des composants haute tension et basse tension au niveau de bruit du poste est considérée, en principe, comme étant négligeable.

Cependant, le cas échéant, la détermination du niveau de bruit du poste est à réaliser selon l'IEC 60076-10:2001 sur le poste complet pour prendre en compte de possibles interactions entre les appareillages haute tension et basse tension et l'enveloppe avec le transformateur (voir l'Annexe BB).

5.107 Champs électromagnétiques

Les postes préfabriqués en service génèrent des champs électromagnétiques qui peuvent nécessiter une évaluation pour:

- aider à la planification, installation, instructions d'emploi et maintenance;
- prendre les mesures nécessaires pour satisfaire aux exigences ou aux réglementations concernant les champs électromagnétiques.

Si une évaluation des champs électromagnétiques générés par un poste préfabriqué est exigée, 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 est applicable, avec le complément suivant.

En principe, les essais de type doivent être effectués sur une configuration représentative des matériels d'un poste préfabriqué complet. Les matériels contenus dans un poste préfabriqué doivent être soumis aux essais conformément aux normes applicables (se reporter au 1.2).

Du fait de la multiplicité des types, des caractéristiques assignées et des combinaisons possibles des matériels, on ne peut pas, en pratique, soumettre à des essais de type toutes les configurations envisageables d'un poste préfabriqué. La performance d'une configuration particulière peut être déduite des résultats d'essais obtenus avec des configurations comparables.

Des précautions doivent être prises afin qu'aucun des paramètres soumis à essai du poste ne soit diminué.

Les essais de type et les vérifications comprennent ce qui suit:

Essais de type obligatoires:Paragraphe

- a) essais de vérification du niveau d'isolement du poste préfabriqué 6.2
- b) essais de vérification de l'échauffement des matériels 6.5
du poste préfabriqué
- c) essais de vérification de l'aptitude du circuit principal et des circuits de mise à la terre à supporter la valeur de crête du courant 6.6
et les courants de courte durée assignés admissibles
- d) essais de vérification du degré de protection 6.7
- e) essais ou calculs de vérification de la résistance de l'enveloppe du poste préfabriqué aux contraintes mécaniques 6.101
- f) essais de vérification des circuits auxiliaires et de commande 6.10

Essais de type obligatoires, le cas échéant:

- g) essais pour évaluer les effets d'un arc dû à un défaut d'arc interne (pour les postes préfabriqués de classe IAC-A, IAC-B ou IAC-AB) 6.102
- h) essais de compatibilité électromagnétique (CEM) 6.9

Essais de type optionnels (faisant l'objet d'un accord entre le constructeur et l'utilisateur):

- i) essais de vérification du niveau sonore du poste préfabriqué Annexe BB
- j) Mesure ou calcul des champs électromagnétiques générés par un poste préfabriqué.....6.103

Les essais de type peuvent compromettre l'aptitude à l'emploi ultérieur en service de la partie soumise à essai. Par conséquent, les échantillons utilisés pour l'essai de type ne doivent pas être utilisés en service sans un accord entre le constructeur et l'utilisateur.

6.1.1 Groupement des essais

Le paragraphe 6.1.1 de l'IEC 62271-1:2007 est applicable, avec les modifications suivantes.

Les essais de type obligatoires (à l'exception des points f) et g)) doivent être réalisés sur quatre spécimens d'essai au maximum.

6.1.2 Information pour l'identification des spécimens d'essai

Le paragraphe 6.1.2 de l'IEC 62271-1:2007 est applicable.

6.1.3 Information à inclure dans les rapports d'essai de type

Le paragraphe 6.1.3 de l'IEC 62271-1:2007 est applicable, avec le complément suivant:

Pour le rapport relatif aux essais d'arc interne, se référer au 6.102.6.

6.2 Essais diélectriques

Étant donné que l'appareillage haute tension, le ou les transformateurs et l'appareillage basse tension d'un poste préfabriqué ont été soumis à des essais de type conformément aux normes applicables, les dispositions du présent paragraphe s'appliquent uniquement aux interconnexions entre les matériels lorsque les conditions d'installation peuvent affecter leur tenue diélectrique. Par conséquent, les équipements à soumettre aux essais diélectriques sont les suivants:

- l'interconnexion entre l'appareillage haute tension et le transformateur;
- l'interconnexion entre le transformateur et l'appareillage basse tension.

6.2.1 Conditions de l'air ambiant pendant les essais

Le paragraphe 6.2.1 de l'IEC 62271-1:2007 est applicable.

6.2.2 Modalités des essais sous pluie

Le paragraphe 6.2.1 de l'IEC 62271-1:2007 n'est pas applicable.

6.2.3 État de l'appareillage pendant les essais diélectriques

Le paragraphe 6.2.3 de l'IEC 62271-1:2007 n'est pas applicable. En lieu et place se référer au 6.2.101.

6.2.4 Critères de réussite des essais

Le paragraphe 6.2.4 de l'IEC 62271-1:2007 est applicable aux interconnexions haute tension, avec la modification suivante:

- le second alinéa du point a) qui fait référence aux essais sous pluie n'est pas applicable.

6.2.5 Application de la tension d'essai et conditions d'essai

Le paragraphe 6.2.5 de l'IEC 62271-1:2007 n'est pas applicable. En lieu et place se référer au 6.2.101.2.

6.2.6 Essais de l'appareillage de $U_r \leq 245$ kV

Le paragraphe 6.2.6 de l'IEC 62271-1:2007 est applicable aux interconnexions haute tension, avec les modifications suivantes:

Les essais doivent être effectués avec les tensions d'essai applicables du Tableau 1a ou 1b du 4.2 de l'IEC 62271-1:2007. Pour les tensions d'essai par rapport à la terre et entre phases, les colonnes (2) et (4) doivent être utilisées.

6.2.7 Essais de l'appareillage de $U_r > 245$ kV

Le paragraphe 6.2.7 de l'IEC 62271-1:2007 n'est pas applicable.

6.2.8 Essais de pollution artificielle pour les isolateurs d'extérieur

Le paragraphe 6.2.8 de l'IEC 62271-1:2007 n'est pas applicable.

6.2.9 Essais de décharges partielles

Le paragraphe 6.2.9 de l'IEC 62271-1:2007 n'est pas applicable.

Certains composants utilisés dans le poste préfabriqué peuvent nécessiter un essai de décharge partielle, conformément à leurs normes correspondantes.

6.2.10 Essais diélectriques sur les circuits auxiliaires et de commande

Le paragraphe 6.2.10 de l'IEC 62271-1:2007 est applicable.

6.2.11 Essai de tension comme essai de vérification d'état

Le paragraphe 6.2.11 de l'IEC 62271-1:2007 n'est pas applicable.

Paragraphe complémentaire:

6.2.101 Essais de l'interconnexion haute tension

6.2.101.1 Conditions générales

Les essais diélectriques ne sont pas exigés lorsque l'interconnexion haute tension est réalisée au moyen de câbles haute tension reliés par des connexions à écran relié à la terre, soumises à des essais de type, ou d'autres types d'extrémités qui ont été soumises à des essais de type à la fois du côté de l'appareillage haute tension et du côté du transformateur, dans les conditions d'installation du poste préfabriqué.

Dans tous les autres cas, l'interconnexion doit être soumise aux essais diélectriques conformément à 6.2.101.2 à 6.2.101.4.

Les essais peuvent être effectués en remplaçant le transformateur par un élément reproduisant la configuration de champ des traversées du transformateur.

Pour les essais, l'interconnexion haute tension est reliée à la source d'essai par l'intermédiaire de l'appareillage haute tension. Seuls les appareils de connexion reliés en série au circuit d'alimentation sont fermés. Tous les autres appareils de connexion sont ouverts.

Les dispositifs de limitation de la tension doivent être débranchés 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 tension doivent être débranchés.

6.2.101.2 Application de la tension d'essai

6.2.101.2.1 A l'interconnexion haute tension

Les tensions d'essai doivent être appliquées en connectant successivement chaque conducteur de phase du circuit principal à la borne à haute tension de la source d'essai. Tous les autres conducteurs du circuit principal et les circuits auxiliaires doivent être reliés au conducteur de terre du châssis, et à la borne de terre de la source d'essai.

Lorsque des connexions haute tension sans écran relié à la terre sont utilisées, les matériaux non conducteurs doivent également résister aux tensions d'essai spécifiées en 6.2.101.4. Il convient que les méthodes spécifiées dans l'IEC 60243-1 soient appliquées aux essais pour répondre aux exigences correspondantes.

6.2.101.2.2 Dans le cas d'une enveloppe non conductrice

L'isolement entre les parties actives de l'interconnexion sans écran relié à la terre entre l'appareillage haute tension et le transformateur et la surface accessible de l'enveloppe doit résister aux tensions d'essai spécifiées en 6.2.101.3 et 6.2.101.4.

Pour vérifier la conformité, les surfaces accessibles de l'enveloppe fabriquée en matériau isolant doivent être couvertes, sur une face accessible, avec une feuille métallique reliée à la terre, de surface circulaire ou carrée aussi grande que possible, mais n'excédant pas 100 cm² qui doit être reliée à la terre.

La feuille doit être placée à l'endroit le plus défavorable pour l'essai. En cas de doute sur l'endroit le plus défavorable, l'essai doit être répété en plaçant la feuille à des endroits différents.

L'isolement entre les parties actives de l'interconnexion sans écran relié à la terre entre l'appareillage haute tension et le transformateur et la surface intérieure des parties isolantes de l'enveloppe faisant face doit résister pendant 1 min à 150 % au moins de la valeur de tension assignée du poste préfabriqué.

Pour vérifier la conformité à ces exigences, les surfaces accessibles de l'enveloppe qui sont fabriquées en matériaux non conducteurs, entre les parties actives de l'interconnexion sans écran relié à la terre de l'appareillage haute tension au transformateur et la surface intérieure des parties isolantes de l'enveloppe, doivent être soumises à une tension d'essai à fréquence industrielle égale à 150 % de la tension assignée, pendant 1 min, après avoir couvert la surface intérieure de la partie isolante qui se trouve en face des parties actives de l'interconnexion sans écran relié à la terre, au moyen d'une feuille métallique raccordée à la terre.

Il convient que les méthodes spécifiées dans l'IEC 60243-1 soient appliquées aux essais pour répondre aux exigences correspondantes.

6.2.101.3 Essais de tension aux chocs de foudre

L'interconnexion haute tension doit être soumise à des essais de tension aux chocs de foudre conformément au 6.2.6.2 de l'IEC 62271-1:2007 avec le complément suivant:

Pour obtenir la forme d'onde correcte pendant l'essai, il peut s'avérer nécessaire de déconnecter le transformateur de puissance ou d'utiliser un élément de remplacement.

Pendant les essais de tension aux chocs de foudre, la borne de terre du générateur de choc doit être connectée au conducteur de mise à la terre de l'enveloppe du poste préfabriqué.

6.2.101.4 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 en environnement sec pendant 1 min, conformément au 6.2.6.1 de l'IEC 62271-1:2007, avec le complément suivant:

Pendant l'essai de tenue à la tension à fréquence industrielle, une borne du transformateur d'essai doit être raccordée à la terre et au conducteur de mise à la terre du poste préfabriqué.

Pour éviter de saturer le transformateur de puissance pendant l'essai, il peut s'avérer nécessaire de le déconnecter ou d'utiliser un élément de remplacement.

6.2.102 Essais de l'interconnexion basse tension

6.2.102.1 Conditions générales

Lorsque l'interconnexion basse tension est partiellement ou totalement couverte par une enveloppe non métallique, l'enveloppe doit être couverte avec une feuille métallique reliée à la terre, de surface circulaire ou carrée aussi grande que possible, mais n'excédant pas 100 cm² reliée à la terre. La feuille doit être appliquée sur toutes les surfaces qui peuvent être touchées par un opérateur.

Pour les essais, l'interconnexion basse tension est reliée à la source d'essai par l'intermédiaire de l'appareillage basse tension. Seuls les appareils de connexion reliés en série au circuit d'alimentation sont fermés. Tous les autres appareils de connexion sont ouverts.

6.2.102.2 Essais de tension aux chocs de foudre

L'interconnexion basse tension doit être soumise à des essais de tension aux chocs de foudre. La tension d'essai est spécifiée dans le Tableau F.1 de l'IEC 60664-1:2007, la tension d'essai aux chocs de foudre assignée étant choisie conformément à 4.2 de la présente norme.

Les moyens de suppression des surtensions doivent être déconnectés, ou les essais doivent être réalisés conformément à l'IEC 61180-1:1992.

La tension de choc de foudre de 1,2/50 µs doit être appliquée trois fois pour chaque polarité, à intervalle de 1 s au moins.

La tension d'essai doit être appliquée en connectant successivement chaque conducteur de phase du circuit principal à la borne à haute tension de la source d'essai. Tous les autres conducteurs du circuit principal et les circuits auxiliaires doivent être reliés au conducteur de terre ou au châssis et à la borne de terre de la source d'essai.

Il ne doit pas se produire de décharge disruptive au cours des essais.

Pour obtenir la forme d'onde correcte pendant l'essai, il peut s'avérer nécessaire de déconnecter le transformateur de puissance ou d'utiliser un élément de remplacement.

6.2.102.3 Vérification des lignes de fuite

Les lignes de fuite les plus courtes entre phases, entre conducteurs de circuits à des tensions différentes et entre parties actives et parties conductrices exposées, doivent être mesurées. La ligne de fuite mesurée doit être conforme aux exigences du Tableau F.2 de l'IEC 60664-1:2007, en tenant compte du groupe de matériau et du degré de pollution.

6.3 Essais de tension de perturbation radioélectrique

Le paragraphe 6.3 de l'IEC 62271-1:2007 n'est pas applicable.

6.4 Mesurage de la résistance des circuits

Le paragraphe 6.4 de l'IEC 62271-1:2007 n'est pas applicable au poste préfabriqué complet.

6.5 Essais d'échauffement

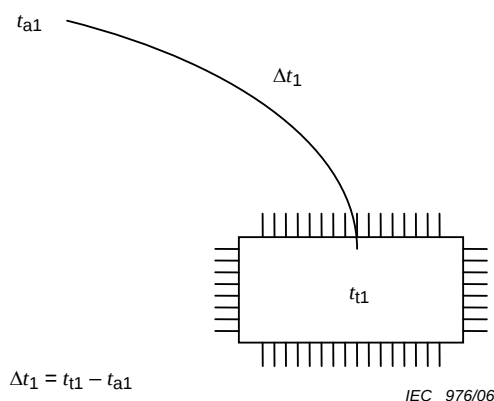
Le paragraphe 6.5 de l'IEC 62271-1:2007 n'est pas applicable.

Remplacement:

6.5.101 Généralités

Cet essai est destiné à vérifier que la conception d'une enveloppe de poste préfabriqué fonctionne correctement et n'altère pas de manière préjudiciable la durée de vie prévue des matériels du poste. Leur espérance de vie n'est pas affectée si les limites acceptables de détérioration de l'isolement ne sont pas dépassées à cause des effets thermiques. Un déclassement du matériel peut être nécessaire en fonction des résultats de l'essai d'échauffement.

En particulier, l'essai doit prouver que les échauffements du transformateur à l'intérieur de l'enveloppe n'excèdent pas ceux mesurés sur le même transformateur à l'extérieur de l'enveloppe de la valeur correspondant à la classe de l'enveloppe, par exemple 5 K, 10 K, 15 K, 20 K, 25 K, ou 30 K. Se référer aux Figures 101 et 102.



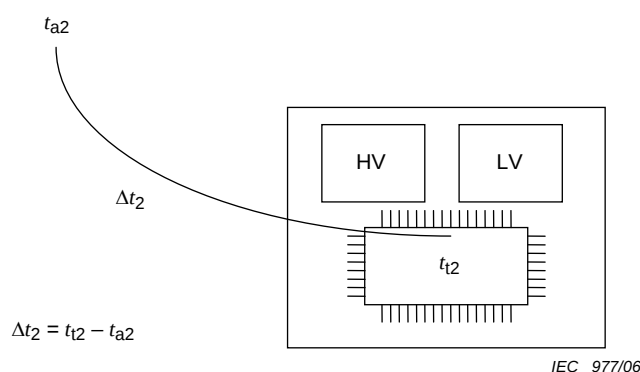
Légende

t_{a1} température de l'air ambiant dans le local d'essai

t_{t1} températures du transformateur mesurées conformément à l'IEC 60076-2:2011 et à l'IEC 60076-11:2004

Δt_1 échauffement du transformateur à l'extérieur de l'enveloppe

Figure 101 – Mesure de l'échauffement du transformateur à l'air ambiant: Δt_1



Légende

t_{a2} température de l'air ambiant dans le local d'essai

t_{t2} températures du transformateur mesurées conformément à l'IEC 60076-2:2011 et à l'IEC 60076-11:2004

Δt_2 échauffement du transformateur à l'intérieur de l'enveloppe

Figure 102 – Mesure de l'échauffement du transformateur dans une enveloppe: Δt_2

6.5.102 Conditions d'essai

L'enveloppe doit être complète, munie de ses matériels disposés en condition normale de fonctionnement. Les portes doivent être fermées et les entrées de câble obturées de manière à représenter les conditions de service. Il convient que la puissance et les pertes du transformateur soient celles correspondant à la puissance maximale assignée du poste préfabriqué telle que définie en 4.101.1.

Les essais d'échauffement du transformateur, des interconnexions haute tension et basse tension et des équipements basse tension sont effectués simultanément.

L'essai d'échauffement de l'appareillage haute tension n'est pas exigé.

NOTE 1 Il est de pratique commune que l'appareillage haute tension soit utilisé à un courant (de charge) bien en dessous de sa valeur assignée. Prenant cela en compte, l'échauffement additionnel causé par une exploitation à l'intérieur d'une enveloppe de poste n'a, dans la plupart des cas, aucune d'influence significative sur la valeur de courant exigé pour l'appareillage haute tension.

L'essai est exécuté dans une salle dont les dimensions, l'isolement ou les conditions ambiantes maintiennent la température de l'air ambiant de la salle dans les limites spécifiées en 6.5.104.1.

L'environnement doit être significativement exempt de courants d'air, à l'exception de ceux générés par la chaleur de l'équipement soumis à l'essai. En pratique cette condition est atteinte lorsque la vitesse de l'air n'excède pas 0,5 m/s.

NOTE 2 Dans le cas d'un poste préfabriqué souterrain, l'essai peut être effectué au-dessus du sol. L'expérience a démontré que la différence d'échauffement n'est pas déterminante par rapport à la situation souterraine.

6.5.103 Méthodes d'essai

6.5.103.1 Généralités

Deux situations peuvent être considérées en fonction du type de transformateur installé dans le poste:

- transformateurs immergés dans un liquide;
- transformateurs de type sec.

6.5.103.2 Transformateurs immergés dans un liquide

6.5.103.2.1 Généralités

Si le poste est équipé de transformateurs immergés dans un liquide, deux méthodes d'essai peuvent être utilisées pour réaliser les essais d'échauffement.

La méthode préférentielle requiert l'utilisation de sources de courant indépendantes pour alimenter les côtés haute tension et basse tension du poste.

Une méthode alternative peut être utilisée si le laboratoire ne peut fournir qu'une seule source de courant ou si la conception du poste rend impossible la connexion de deux sources.

6.5.103.2.2 Méthode préférentielle

6.5.103.2.2.1 Généralités

Cette méthode requiert des raccordements d'alimentation différents pour la haute tension et la basse tension.

6.5.103.2.2.2 Connexion des alimentations

La connexion des alimentations est expliquée ci-après.

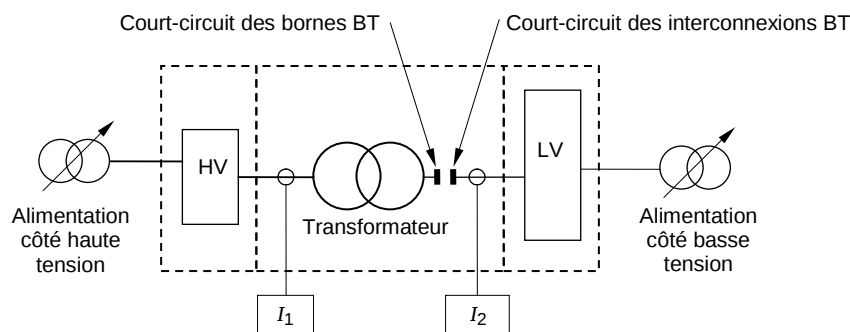
a) Côté haute tension.

Le transformateur et l'appareillage haute tension avec sa protection transformateur (par fusibles avec la valeur assignée adaptée ou par disjoncteur) doivent être connectés, et les bornes de sortie basse tension du transformateur doivent être mises en court-circuit. L'alimentation doit être connectée aux bornes de l'appareillage haute tension d'arrivée. Se référer à la Figure 103.

b) Côté basse tension.

L'essai d'échauffement sur le côté basse tension doit être réalisé conformément au 10.10 de l'IEC 61439-1:2011 et aux exigences spécifiques suivantes.

L'appareillage basse tension doit être isolé du transformateur, en un point aussi proche que possible des bornes du transformateur. En ce point, adjacent aux bornes du transformateur, un court-circuit doit être appliqué aux connexions entre le transformateur et l'appareillage basse tension. Le courant d'essai doit être appliqué sur l'appareillage basse tension au travers des unités de départ.



IEC 0939/14

Légende

I_1 Courant suffisant pour générer les pertes assignées totales des transformateurs immergés ou du courant assigné haute tension des transformateurs de type sec

I_2 Courant assigné basse tension du transformateur

Figure 103 – Schéma de la méthode préférentielle pour l'essai d'échauffement**6.5.103.2.2.3 Application des courants d'essai****a) Côté haute tension.**

Le circuit du transformateur est alimenté par un courant suffisant pour générer les pertes assignées totales du transformateur, à sa température de référence, en utilisant la méthode définie dans l'IEC 60076-2:2011.

Pour cet essai, il est nécessaire d'ajouter un petit pourcentage au courant assigné circulant dans le circuit complet, afin de compenser les pertes à vide du transformateur.

NOTE Pendant l'essai, la résistance change selon la température du transformateur. Par conséquent, le courant d'essai injecté est changé afin de maintenir la valeur des pertes constantes générées égales aux pertes totales du transformateur pendant toute la durée de l'essai.

b) Côté basse tension.

Le circuit basse tension est alimenté avec la valeur de courant assigné basse tension du transformateur soumis à l'essai.

La répartition du courant d'alimentation au travers des lignes de transmission sortantes basse tension, doit être choisie pour être le cas d'échauffement le plus défavorable.

Si les lignes de transmission sortantes sont équipées de fusibles, ces derniers doivent être présents pendant l'essai et doivent représenter les conditions de service.

6.5.103.2.3 Méthode alternative**6.5.103.2.3.1 Généralités**

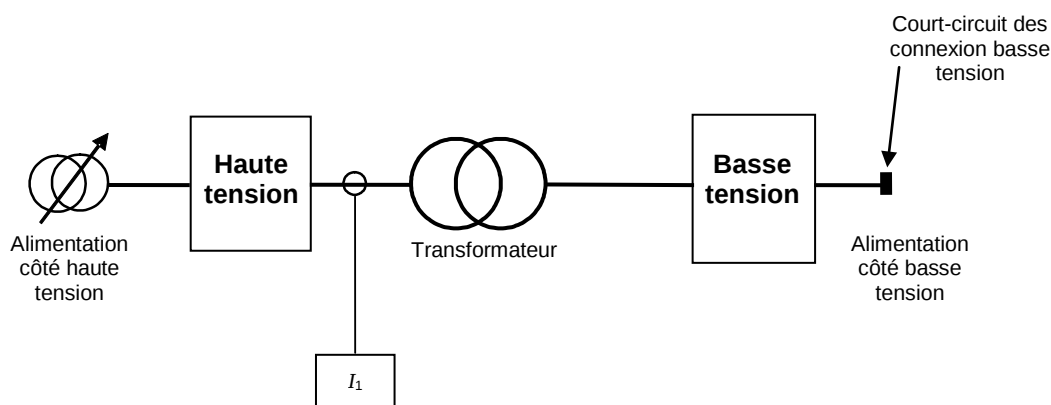
Cette méthode ne requiert qu'une seule source de courant.

6.5.103.2.3.2 Connexion des alimentations

L'appareillage haute tension, le transformateur de puissance haute tension/basse tension et l'appareillage basse tension doivent être connectés. Les bornes de sortie de l'appareillage basse tension doivent être mises en court-circuit. L'alimentation doit être connectée aux bornes d'entrée de l'appareillage haute tension d'arrivée (voir Figure 104).

6.5.103.2.3.3 Application des courants d'essai

Le poste est alimenté par un courant suffisant pour générer les pertes assignées totales des transformateurs immergés, à sa température de référence, en utilisant la méthode définie dans la norme de produit correspondante.



IEC 0940/14

Légende

I_1 courant suffisant pour générer les pertes assignées totales des transformateurs immergés haute tension ou du courant assigné des transformateurs de type sec

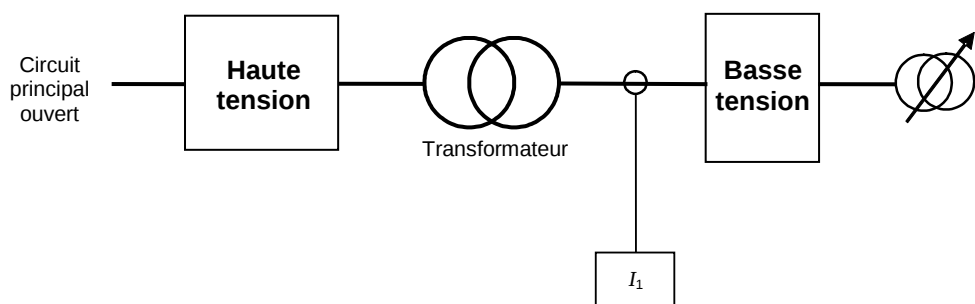
Figure 104 – Schéma de la méthode alternative pour l'essai d'échauffement

6.5.103.3 Transformateurs de type sec

Pour l'essai d'échauffement d'un poste préfabriqué équipé de transformateurs de type sec, il convient que la méthode d'essai soit celle de la charge simulée décrite dans l'IEC 60076-11:2004 et consistant en deux étapes successives.

Étape 1:

La tension de service assignée (triphasee) à la fréquence assignée est appliquée à l'enroulement basse tension du transformateur, par l'intermédiaire de l'une des lignes de transmission sortantes de l'appareillage basse tension. L'enroulement haute tension est connecté à l'appareillage haute tension. Le circuit principal haute tension est ouvert (voir Figure 105). Lorsque l'équilibre thermique des enroulements et du noyau magnétique est atteint, les échauffements individuels des enroulements du transformateur doivent être mesurés.



IEC 0941/14

Légende

I_1 Courant à vide du transformateur

Figure 105 – Schéma pour l'essai en circuit ouvert

Étape 2:

La connexion des alimentations est faite selon 6.5.103.2.2.2 (Figure 103) ou 6.5.103.2.3.3 (Figure 104).

Le côté haute tension du poste préfabriqué est alimenté avec le courant assigné haute tension du transformateur de puissance haute tension/basse tension. Le côté basse tension du poste est alimenté avec le courant assigné basse tension du transformateur de puissance haute tension/basse tension.

Lorsque la condition de régime établi des enroulements et du noyau magnétique est atteinte, les échauffements des enroulements individuels sont mesurés, avec les échauffements de l'appareillage basse tension et des interconnexions.

A l'issue de la réalisation des deux étapes ci-dessus, l'échauffement est calculé par la formule donnée en 23.2.1 de l'IEC 60076-11:2004.

6.5.104 Mesures

6.5.104.1 Mesure de la température de l'air ambiant

La température de l'air ambiant est la température moyenne de l'air environnant le poste préfabriqué (pour des postes sous enveloppe, il s'agit de la température de l'air à l'extérieur de l'enveloppe). Elle doit être mesurée pendant le dernier quart de la période d'essai, au moyen d'au moins quatre thermomètres, thermocouples ou autres capteurs de température disposés régulièrement autour du poste préfabriqué approximativement à la hauteur moyenne des éléments traversés par le courant et à une distance d'environ 1 m du poste préfabriqué. Dans le cas de postes enterrés, ces moyens doivent être placés à la moitié de la hauteur des ouvertures de ventilation. Les thermomètres ou les thermocouples doivent être protégés contre les courants d'air et les influences anormales de la chaleur. Afin d'éviter les erreurs d'indications, du fait de variations rapides de température, les thermomètres ou les thermocouples peuvent être placés dans de petits flacons contenant environ un demi-litre d'huile.

Pendant le dernier quart de la période d'essai, la variation de la température de l'air ambiant ne doit pas dépasser 1 K en 1 h. Si cela n'est pas possible du fait de conditions de température défavorables du local d'essai, la température d'un poste préfabriqué identique placé dans les mêmes conditions, mais sans courant, peut être prise pour remplacer la température de l'air ambiant. Ce poste préfabriqué supplémentaire ne doit pas être soumis à une quantité de chaleur excessive.

La température de l'air ambiant pendant les essais doit être comprise entre +10 °C et +40 °C. Aucune correction des échauffements observés ne doit être effectuée pour des températures de l'air ambiant comprises dans cette plage.

6.5.104.2 Transformateur

L'échauffement de l'huile en partie supérieure pour les transformateurs immergés doit être mesuré conformément à l'IEC 60076-2:2011. L'échauffement moyen des enroulements pour les transformateurs du type sec doit être mesuré conformément à l'IEC 60076-11:2004 (voir 6.5.103.3).

6.5.104.3 Appareillage basse tension

Les échauffements de l'appareillage basse tension doivent être mesurés conformément à 10.10 de l'IEC 61439-1:2011.

Il n'est pas nécessaire de répéter l'essai d'échauffement, quand d'autres configurations, différentes de celle soumise à essai sont utilisées, à moins que les pertes côté basse tension soient supérieures à celles de la configuration soumise à essai, ou en cas de doutes quant au fonctionnement du nouvel appareillage basse tension dans les limites de températures spécifiées.

La température et l'échauffement des interconnexions basse tension et de leurs bornes doivent être mesurés.

La température de l'air à l'endroit où des matériels électroniques peuvent être installés doit être mesurée.

6.5.104.4 Appareillage haute tension

La température et l'échauffement des interconnexions haute tension et de leurs bornes doivent être mesurés.

La température de l'air à l'endroit où des matériels électroniques peuvent être installés doit être mesurée.

6.5.105 Critères d'acceptation

Le poste préfabriqué doit être considéré comme ayant satisfait à l'essai d'échauffement si:

- a) les échauffements du transformateur ne dépassent pas les échauffements correspondants mesurés sur le même transformateur sans enveloppe d'une valeur supérieure à la classe de température du poste préfabriqué (voir les Figures 101 et 102);

Critères d'acceptation:

$$\Delta t = \Delta t_2 - \Delta t_1$$

Classe 5: $\Delta t \leq 5 \text{ K}$

Classe 20: $\Delta t \leq 20 \text{ K}$

Classe 10: $\Delta t \leq 10 \text{ K}$

Classe 25: $\Delta t \leq 25 \text{ K}$

Classe 15: $\Delta t \leq 15 \text{ K}$

Classe 30: $\Delta t \leq 30 \text{ K}$

NOTE L'essai d'échauffement peut être utilisé pour déterminer la classe de l'enveloppe tant que les critères b, c et d sont satisfaits

- b) les échauffements et les températures des bornes des interconnexions haute tension ne dépassent pas les exigences de 6.5.6 de l'IEC 62271-1:2007;
- c) les échauffements et les températures des interconnexions basse tension et de l'appareillage basse tension ne dépassent pas les exigences de 9.2 de l'IEC 61439-1:2011;
- d) les échauffements et les températures de l'enveloppe du poste ne dépassent pas les exigences de l'IEC 62271-1:2007 pour les parties accessibles prévues pour être touchées en exploitation normale (voir Tableau 3 de l'IEC 62271-1:2007).

6.6 Essais au courant de courte durée admissible et à la valeur de crête du courant admissible

Étant donné que l'appareillage haute tension, le ou les transformateurs et l'appareillage basse tension d'un poste préfabriqué ont été soumis à des essais de type conformément aux normes applicables, le présent article s'applique uniquement aux interconnexions basse tension et haute tension.

Il n'est pas nécessaire de soumettre à essai les interconnexions haute tension et basse tension ayant fait l'objet d'un essai de type, sauf si les conditions d'installation peuvent affecter les performances de tenue au court-circuit.

Les interconnexions n'ayant pas fait l'objet d'un essai de type doivent être soumises à essai conformément à la procédure décrite en 6.6 de l'IEC 62271-1:2007, avec le complément des alinéas suivants.

Les courants d'essai sont appliqués de manière à soumettre à essai l'ensemble de la connexion haute tension au transformateur. Toutes les parties assurant l'interconnexion doivent être maintenues en place, comme en condition de service, pendant l'essai. L'essai peut être réalisé en alimentant l'interconnexion grâce à l'appareillage haute tension.

En particulier, si l'interconnexion haute tension est protégée par des dispositifs limiteurs de courant placés dans l'appareillage haute tension, les dispositions de 6.6 a) de l'IEC 62271-200:2011 s'appliquent.

Les interconnexions basse tension n'ayant pas fait l'objet d'un essai de type doivent être soumises à essai conformément à la procédure décrite dans l'IEC 61439-1:2011 pour l'appareillage basse tension. Les courants d'essai sont appliqués de manière à soumettre à essai l'ensemble de la connexion au transformateur. Toutes les parties assurant l'interconnexion doivent être maintenues en place, comme en condition de service, pendant l'essai.

Le conducteur de l'installation de mise à la terre du poste préfabriqué doit être soumis à essai conformément à 6.6 de l'IEC 62271-1:2007. Il n'est pas exigé de répéter les essais de type sur les circuits principaux de mise à la terre des matériels ayant déjà été soumis aux essais de type.

Après l'essai, une certaine déformation du conducteur de terre principal et des connexions aux matériels est admissible mais la continuité du circuit doit être maintenue.

Généralement, aucun essai des connexions des capots et des portes métalliques au conducteur principal de mise à la terre n'est requis, si une conception adéquate est démontrée. Cependant, en cas de doute, les connexions doivent être soumises à essai à un courant continu de 30 A. La chute de tension doit être inférieure à 3 V.

6.7 Vérification de la protection

Le paragraphe 6.7 de l'IEC 62271-1:2007 est applicable.

6.8 Essais d'étanchéité

Le paragraphe 6.8 de l'IEC 62271-1:2007 n'est pas applicable à l'ensemble de poste.

6.9 Essais de compatibilité électromagnétique (CEM)

Pour l'appareillage haute tension, le 6.9 de l'IEC 62271-1:2007 est applicable, à l'exception de l'essai de tension de perturbation radioélectrique.

Pour l'appareillage basse tension, le 10.12 de l'IEC 61439-1:2011 est applicable.

Il n'est pas nécessaire de soumettre à essai un poste complet, dans la mesure où l'appareillage haute tension et l'appareillage basse tension ont été soumis à essai selon les normes applicables.

6.10 Essais supplémentaires sur les circuits auxiliaires et de commande

6.10.1 Généralités

Le paragraphe 6.10.1 de l'IEC 62271-1:2007 est applicable.

6.10.2 Essais fonctionnels

Le paragraphe 6.10.2 de l'IEC 62271-1:2007 n'est pas applicable:

Un essai fonctionnel de tous les circuits basse tension doit être effectué pour vérifier le bon fonctionnement des circuits auxiliaires et de commande en liaison avec les autres parties du poste préfabriqué.

Les essais doivent être effectués en utilisant les valeurs limites supérieures et inférieures de la tension d'alimentation, définies en 4.8.

Pour les circuits, sous-ensembles et matériels basse tension, les essais fonctionnels peuvent être omis s'ils ont déjà été entièrement réalisés lors d'un essai appliqué à un poste préfabriqué analogue.

6.10.3 Essais de continuité électrique des parties métalliques reliées à la terre

Le paragraphe 6.10.3 de l'IEC 62271-1:2007 est applicable.

6.10.4 Vérification des caractéristiques de fonctionnement des contacts auxiliaires

Le paragraphe 6.10.4 de l'IEC 62271-1:2007 est applicable.

6.10.5 Essais d'environnement

Le paragraphe 6.10.5 de l'IEC 62271-1:2007 est applicable, avec les limitations suivantes:

- les essais ne s'appliquent pas à l'appareillage pour l'intérieur fonctionnant dans les conditions normales de service, telles que définies à l'Article 2 de l'IEC 62271-1:2007;
- lorsque les essais spécifiés en 6.10.5 de l'IEC 62271-1:2007 ont été réalisés sur des matériels séparés d'un circuit auxiliaire et de commande représentatif, il n'est pas nécessaire de réaliser d'autres essais d'environnement;
- lorsque les essais sont réalisés, le 6.10.5 de l'IEC 62271-1:2007 est applicable sur une disposition type des circuits auxiliaires et de commande.

6.10.6 Essai diélectrique

Le paragraphe 6.10.6 de l'IEC 62271-1:2007 est applicable.

6.11 Procédures d'essai des rayonnements X pour les ampoules à vide

Le paragraphe 6.11 de l'IEC 62271-1:2007 n'est pas applicable à l'ensemble de poste préfabriqué.

Paragraphe complémentaires:

6.101 Calculs et essais mécaniques

6.101.1 Pression du vent

Les effets mécaniques de la pression du vent sur le poste préfabriqué peuvent être vérifiés par calcul. Voir 5.101.

6.101.2 Charges sur toiture

Les effets mécaniques de charges sur la toiture du poste préfabriqué peuvent être vérifiés par calcul. Voir 5.101.

6.101.3 Impacts mécaniques

Des essais d'impacts mécaniques doivent être effectués sur les surfaces externes de l'enveloppe qui risquent d'être faibles, par exemple les portes, les capots et les ouvertures de ventilation. Se reporter à l'Annexe CC en ce qui concerne la procédure d'essai. Voir 5.101.

6.102 Essai d'arc interne

6.102.1 Généralités

Ces essais sont applicables aux postes préfabriqués destinés à être qualifiés comme classifiés IAC-A ou IAC-B ou IAC-AB pour la protection des personnes dans le cas d'un arc dû à un défaut interne côté haute tension.

Ces essais couvrent les cas de défauts résultant d'un arc se produisant à l'intérieur du poste préfabriqué, dans l'appareillage haute tension et les interconnexions haute tension, quand toutes les portes sont fermées (IAC-B) ou quand la ou les portes d'accès à l'appareillage haute tension sont ouvertes (IAC-A) (Voir 4.102).

Cette classification a pour objet d'offrir, en cas d'arc interne, un niveau de protection soumis à essai pour les personnes exploitant le poste dans des conditions normales de

fonctionnement, avec l'appareillage haute tension dans une position normale de service telle que définie dans la norme correspondante (Classe IAC-A) et aux personnes se trouvant au voisinage du poste avec ses portes fermées (Classe IAC-B).

NOTE Cette norme concerne seulement les arcs internes apparaissant côté haute tension du poste, incluant les interconnexions haute tension (entre l'appareillage haute tension et les transformateurs de puissance, par exemple).

Les arcs internes apparaissant dans les transformateurs ou l'appareillage basse tension ne sont pas pris en compte (voir 5.103 pour connaître les raisons de cette exclusion).

Les défauts d'arc interne dans le poste peuvent se produire dans différents endroits et peuvent provoquer divers phénomènes physiques. Par exemple, l'énergie résultant d'un arc développé à l'air libre à l'intérieur du poste ou dans un fluide isolant quelconque à l'intérieur de l'enveloppe de l'appareillage haute tension provoque une surpression interne et des échauffements locaux représentant pour l'enveloppe du poste des contraintes mécaniques et thermiques. En outre, les matériaux impliqués peuvent engendrer des produits de décomposition à température élevée sous forme de gaz ou de vapeur se dégageant dans le poste et par la suite à l'extérieur de celui-ci.

La classification arc interne IAC tient compte de la surpression interne agissant sur les capots, portes, le ou les planchers, etc. Elle tient aussi compte de l'effet thermique de l'arc ou de son point d'amorçage sur l'enveloppe et de l'expulsion de gaz chauds et des particules incandescentes, mais pas des dommages causés sur les cloisons et les volets internes non accessibles dans les conditions normales d'exploitation.

Les essais d'arcs internes décrits ci-après ont pour but de vérifier l'efficacité de la conception pour la protection des personnes dans le cas d'arc dû à un défaut interne. Ils ne couvrent pas tous les effets qui peuvent constituer un danger, par exemple la présence après le défaut de gaz ayant potentiellement des caractéristiques toxiques.

Le danger de propagation d'incendie, après un arc dû à un défaut interne, à des matériaux ou équipements combustibles placés au voisinage du poste n'est pas couvert par cet essai.

6.102.2 Conditions d'essai

Pour être qualifié classe IAC-A ou IAC-B, un poste doit être soumis à une série d'essais sur l'appareillage haute tension et, le cas échéant, sur les interconnexions haute tension. Pour être qualifié classe IAC-AB, le poste doit être soumis aux séries d'essais pour les classes IAC-A et IAC-B.

Pour les essais requis, voir les Figures AA.4, AA.5, AA.6 et AA.7 qui montrent les principes de sélection des essais et le nombre et le type d'essais correspondants à réaliser.

Tous les dispositifs (par exemple, les relais de protection à détection de lumière d'arc ou les dispositifs de transfert du courant vers un court-circuit métallique) qui peuvent automatiquement ouvrir le circuit avant la fin prévue de l'essai doivent être mis hors service pendant l'essai. Si ces dispositifs font partie intégrante du poste qui empêche de les mettre hors service sans modification de la construction, le poste peut être soumis à essai avec le dispositif en service. Mais le poste doit être qualifié en fonction de la durée réelle de l'arc. Le courant d'essai doit être maintenu pendant la durée de court-circuit assignée du circuit principal.

Dans le cas de poste préfabriqué sans appareillage haute tension et dont les câbles d'alimentation haute tension sont connectés directement aux traversées du transformateur, les essais doivent être réalisés comme suit:

- un essai triphasé dans le cas de connexions non isolées ou dotées d'une isolation solide créée sur site;

- un essai monophasé ou biphasé dans le cas de connexions à prises embrochables. Pour l'essai phase-terre, la valeur du courant est à spécifier par le constructeur. Pour l'essai biphasé, le courant sera 87 % du courant de courte durée assigné admissible.

Si des éléments supports fusibles à l'air libre sont utilisés à la place de l'appareillage haute tension, un essai triphasé doit être réalisé au point d'alimentation des supports fusibles.

6.102.3 Montage de l'équipement

Les points suivants doivent être respectés:

- les essais doivent être réalisés sur un poste préfabriqué ou une partie représentative de celui-ci non soumise précédemment à un arc, ou, si déjà soumise, étant dans un état qui n'affecte pas le résultat de l'essai;
- le poste doit être complètement équipé. Il est permis d'utiliser des éléments de remplacement de matériels internes à condition que leur volume et la matière de leur partie externe soient identiques à ceux des éléments originaux;
- le poste doit être connecté à la terre à l'endroit prévu à cet effet.

6.102.4 Procédure d'essai

La méthode de vérification de la classe de tenue à l'arc interne est définie en AA.6.

6.102.5 Critères de réussite des essais

6.102.5.1 Poste préfabriqué Classe IAC-A

Un poste est qualifié comme étant classifié IAC-A si:

- les cinq critères de 6.106.5 de l'IEC 62271-200:2011 sont satisfaits après chaque essai d'arc interne dans l'appareillage haute tension (voir Figure AA.4);

NOTE 1 Lorsque la conception du poste inclus sous le plancher un espace recevant les gaz d'échappement, le comportement du plancher est vérifié du point de vue de la sécurité de l'opérateur se trouvant sur celui-ci.

- si applicable (voir Figure AA.6), les critères suivants sont satisfaits après l'essai d'arc 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 déplacés ou déformés au-delà de la position des indicateurs.

Critère n° 2 Pas de projection de matériau d'une masse supérieure à 60 g.

NOTE 2 La valeur de 60 g est prise pour suivre l'IEC 62271-200:2011. Dans le cas de la modification de celle-ci dans l'IEC 62271-200:2011, cette norme adopte la nouvelle valeur.

Critère n° 3 L'arc ne crée pas d'ouverture sur le côté accessible de l'enveloppe ou de l'écran de protection, le cas échéant, de l'interconnexion haute tension.

Critère n° 4 Les indicateurs ne s'enflamment pas sous l'effet de flammes ou de gaz chauds.

Si les indicateurs se sont enflammés pendant l'essai, le critère d'évaluation peut néanmoins être considéré comme étant satisfait si la preuve est établie que l'inflammation a été causée par des particules incandescentes plutôt que par des gaz chauds. Des images prises par des caméras ultra-rapides, vidéo ou autre moyen adapté peuvent être utilisées par le laboratoire pour établir la preuve.

L'inflammation des indicateurs par la brûlure des étiquettes ou de la peinture est également exclue.

- Critère n° 5 Si l'interconnexion haute tension est protégée par une enveloppe connectée à la terre, cette enveloppe reste connectée à son point de mise à la terre.

6.102.5.2 Poste préfabriqué Classe IAC-B

Un poste est qualifié comme étant classifié IAC-B à condition que les critères suivants soient satisfaits après les essais énumérés à la Figure AA.5 pour l'appareillage haute tension et à la Figure AA.7, le cas échéant, pour les interconnexions haute tension.

- Critère n° 1 Les portes, capots, correctement verrouillés du poste ne s'ouvrent pas. Les déformations sont acceptables tant qu'aucune partie ne vient aussi loin que la position des indicateurs sur toutes les faces. Il n'est pas nécessaire que le poste satisfasse à son degré de protection IP après l'essai.
- Critère n° 2 Aucune fragmentation de l'enveloppe ne survient pendant la durée spécifiée de l'essai.
- Pas de projection de matériau d'une masse d'au moins 60 g.
- NOTE La valeur de 60 g est prise pour suivre l'IEC 62271-200:2011. Dans le cas de la modification de celle-ci dans l'IEC 62271-200:2011, cette norme adopte la nouvelle valeur.
- Critère n° 3 L'arc ne crée pas d'ouverture dans les faces déclarées accessibles de l'enveloppe du niveau du plancher jusqu'à une hauteur de 2 m.
- Critère n° 4 Les indicateurs ne s'enflamment pas sous l'effet de gaz chauds ou de liquides brûlants.
- Si les indicateurs commencent à brûler pendant l'essai, le critère d'évaluation peut néanmoins être considéré comme satisfait si la preuve est établie que l'inflammation a été causée par des particules incandescentes plutôt que par des gaz chauds. Des images prises par des caméras ultra-rapides, vidéo ou autre moyen adapté peuvent être utilisées par le laboratoire pour établir la preuve.
- L'inflammation des indicateurs par la brûlure des étiquettes ou de la peinture est également exclue.
- Critère n° 5 L'enveloppe reste connectée à son point de mise à la terre. Une inspection visuelle est normalement suffisante pour établir la conformité. En cas de doute, la continuité de la connexion de mise à la terre doit être vérifiée.

6.102.5.3 Poste préfabriqué Classe IAC-AB

Les postes qui satisfont aux exigences de 6.102.5.1 et 6.102.5.2 sont qualifiés de classe IAC-AB.

6.102.6 Rapport d'essai

Les informations suivantes doivent être données dans le rapport d'essai:

- caractéristiques assignées et description du poste, accompagnées d'un plan indiquant les principales dimensions, y compris les détails relatifs à la résistance mécanique, la disposition des dispositifs de décharge de pression et la méthode de fixation de l'appareillage haute tension au poste préfabriqué au plancher et/ou aux murs;
- disposition des raccordements d'essai;
- point et méthode d'amorçage du défaut interne.
- dessins du montage d'essai (échantillon en essai et supports des indicateurs);
- tension et fréquence appliquées;
- en ce qui concerne le courant présumé ou le courant d'essai:
 - a) valeur efficace de la composante alternative pendant les trois premières demi-périodes;

- b) valeur de crête la plus grande;
- c) valeur moyenne de la composante alternative pendant la durée réelle de l'essai;
- d) durée d'essai;
- enregistrement(s) oscillographique(s) représentant les courants et les tensions;
- interprétation des résultats d'essai, comprenant la liste des observations correspondant à 6.102.4;
- photographie de l'échantillon en essai, avant et après l'essai;
- autres commentaires utiles;
- disposition des conduits et de l'espace de décompression au-dessous du plancher si utilisé pour les gaz d'échappement.

6.102.7 Extension des résultats d'essais

La validité des résultats des essais réalisés sur un modèle particulier de conception de poste préfabriqué ou sur une partie représentative de celui-ci peut être étendue à un autre (se référer à 6.1) équipé du même type d'appareillage haute tension (se référer à 6.106.7 de l'IEC 62271-200:2011) à condition que le premier ait été soumis à essai dans les conditions les plus contraignantes et que le suivant puisse être considéré comme similaire à celui soumis à essai pour les aspects suivants:

- courant et durée d'arc;
- directions des flux de gaz provenant de l'arc dû à un défaut interne;
- dimensions et implantation du poste préfabriqué;
- structure et résistance mécanique sur l'enveloppe, le sol et les cloisons, le cas échéant;
- grilles de ventilation;
- performance du système de limitation de pression, le cas échéant.

6.103 Mesures ou calcul des champs électromagnétiques

Des conseils généraux concernant la mesure ou le calcul des champs électromagnétiques dans les postes préfabriqués haute tension/basse tension sont donnés dans l'IEC/TR 62271-208:2009.

7 Essais individuels de série

L'article 7 de l'IEC 62271-1:2007 n'est pas applicable au poste préfabriqué.

Les essais individuels de série doivent être effectués sur tout poste préfabriqué complet ou sur toute unité de transport et dans toute la mesure du possible, dans les locaux du constructeur, afin de s'assurer que le produit est conforme à l'équipement sur lequel l'essai de type a été effectué.

Chaque matériel doit au préalable être soumis à des essais individuels de série conformément à leur norme de composants correspondante, et les essais et vérifications individuels de série suivants s'appliquent pour l'assemblage:

- l'essai diélectrique sur l'interconnexion haute tension selon 7.101;
- l'essai de tension sur les circuits auxiliaires et de commande selon 7.102;
- les essais fonctionnels selon 7.103;
- la vérification de l'exactitude de la filerie selon 7.104;
- l'essai après assemblage sur le site selon 7.105.

Remplacement:

7.101 Essai diélectrique de l'interconnexion haute tension

Un essai de tension à la fréquence industrielle doit être effectué conformément au 7.1 de l'IEC 62271-1:2007 sur l'interconnexion haute tension entre l'appareillage haute tension et le transformateur.

Si les interconnexions haute tension préfabriquées sont soumises à des essais individuels de série séparément comme un sous-ensemble du poste, l'essai à fréquence industrielle n'est pas nécessaire.

7.102 Essais de tenue à la tension des circuits auxiliaires

Voir 7.2.4 de l'IEC 62271-1:2007.

7.103 Essais fonctionnels

En cas de doute, il doit être démontré qu'il est possible d'effectuer l'ensemble des opérations nécessaires pour la mise en service, le fonctionnement et la maintenance du poste préfabriqué.

7.104 Vérification de l'exactitude de la filerie

On doit vérifier que la filerie est conforme au schéma.

7.105 Essais après assemblage sur le site

Les essais diélectriques sur les interconnexions haute tension préalablement réalisés en usine n'ont pas besoin d'être répétés sur le site. Cependant, les postes préfabriqués qui sont partiellement désassemblés pour le transport et ensuite assemblés sur le site, doivent être soumis à des essais afin de s'assurer de leur fonctionnement correct conformément à 7.103 et 7.104.

8 Guide pour le choix des postes préfabriqués

L'Article 8 de l'IEC 62271-1:2007 n'est pas applicable au poste préfabriqué.

Remplacement:

8.101 Généralités

Les postes préfabriqués peuvent être construits sous différentes formes qui ont évolué en fonction des changements technologiques et des exigences fonctionnelles. Le choix des postes préfabriqués nécessite essentiellement l'identification des exigences fonctionnelles pour le service souhaité de l'installation qui satisfait au mieux ces exigences.

Il convient de tenir compte de la législation applicable et des règlements de sécurité des utilisateurs pour définir ces exigences.

Le Tableau 104 résume les considérations à prendre en compte pour spécifier les postes préfabriqués.

8.102 Choix des caractéristiques assignées

Pour une exigence en service donnée, le poste préfabriqué est choisi en tenant compte des caractéristiques assignées individuelles de ses matériels, déterminées par les conditions en charge normale et les conditions en cas de défaut.

Il est souhaitable de choisir les caractéristiques assignées selon la présente norme en tenant compte des caractéristiques du réseau et de ses extensions présumées. La liste complète des caractéristiques assignées est indiquée à l'Article 4. Les autres paramètres tels que les conditions atmosphériques et climatiques locales et l'utilisation à des altitudes dépassant 1 000 m doivent aussi être pris en compte.

8.103 Choix de la classe d'enveloppe

La classe d'enveloppe est choisie en fonction de la température ambiante (moyenne) sur le site et du facteur de charge et des échauffements du transformateur. Pour une classe d'enveloppe assignée, le facteur de charge autorisé du transformateur dépend des échauffements du transformateur et de la température ambiante sur le site du poste.

L'Annexe DD peut être utilisée pour déterminer la classe d'enveloppe ou le facteur de charge du transformateur. Elle donne des exemples pour démontrer les relations et les restrictions entre la classe d'enveloppe, le facteur de charge et la température ambiante pour les limites d'échauffement standard comme défini dans l'IEC 60076-2:2011 et l'IEC 60076-11:2004. Pour des conditions de charges variables, un facteur de correction peut être appliqué conformément à l'IEC 60076-7:2005 ou à l'IEC 60076-12:2008.

Les renseignements fournis par le constructeur sur la classe d'enveloppe pour un poste particulier proviennent de l'essai de type du poste avec ses ouvertures de ventilation bien déterminées et avec sa puissance maximale et les pertes du transformateur appliquées en permanence (conformément à 6.5).

Cette condition de pleine charge en permanence pourrait être plus contraignante et diverger significativement du cycle de charge prévu en service. Dans ce cas, la ventilation peut être excessive en comparaison avec celle exigée pour éviter le suréchauffement du transformateur.

Pour réduire tout effet indésirable de cette sur-spécification (par exemple: coût, danger excessif de pollution du matériel) l'utilisateur, après une évaluation des conditions de service prévues, peut spécifier une classe de température d'enveloppe supérieure ayant moins de ventilation pour les mêmes caractéristiques assignées et les mêmes pertes. L'utilisateur peut également spécifier une classe de température plus élevée si la puissance maximale et les pertes du transformateur sont plus basses que celles de la version soumise aux essais de type.

Il convient que ces écarts/modifications comparés aux résultats des essais de type soient discutés avec le constructeur du poste.

NOTE 1 La vitesse de vieillissement du transformateur augmente avec la température du transformateur selon l'IEC 60076-7:2005, Article 6 et l'IEC 60076-12:2008, Article 5.

NOTE 2 L'échauffement à l'intérieur du poste peut affecter les performances des parties de l'appareillage haute tension. Par exemple, le guide d'application pour le choix des fusibles (IEC/TR 62655) est utilisé.

NOTE 3 L'augmentation de la température ambiante à l'intérieur du poste préfabriqué peut affecter les équipements sensibles à la température (les équipements électroniques, par exemple) installés dans un poste. Dans ce cas, des mesures peuvent être réalisées conformément aux instructions du fournisseur de l'équipement sensible à la température.

8.104 Défaut d'arc interne

8.104.1 Généralités

Lors du choix d'un poste préfabriqué, il convient de tenir compte du risque associé de défauts d'arc interne, dans le but d'assurer un niveau de protection acceptable pour les opérateurs et pour le public.

Cette protection est réalisée en réduisant le risque à un niveau tolérable. Selon le guide ISO/IEC 51:1999, le risque est la combinaison de la probabilité d'occurrence du dommage et de sa sévérité (voir l'Article 5 du Guide ISO/IEC 51:1999 sur le concept de sécurité).

Par conséquent, il convient de réaliser le choix du poste approprié, pour un défaut interne potentiel occasionnant un arc, avec une procédure permettant d'atteindre un niveau de risque tolérable. Une telle procédure est décrite à l'Article 6 du Guide ISO/IEC 51:1999. Cette procédure est basée sur l'hypothèse que l'utilisateur a un rôle à jouer dans la réduction du risque.

8.104.2 Causes et mesures préventives

L'expérience montre que la probabilité de défauts est plus grande dans certains endroits à l'intérieur de l'enveloppe que dans d'autres. A titre de guide, le Tableau 102 donne une liste d'emplacements pour lesquels l'expérience a montré que les défauts avaient une plus grande chance de se produire. Il donne aussi les causes possibles des défaillances et les mesures possibles pour diminuer la probabilité d'arc dû à un défaut interne.

8.104.3 Mesures de protection supplémentaires

D'autres mesures peuvent être prises pour assurer le plus haut niveau possible de protection des personnes dans le cas d'un arc dû à un défaut interne. Ces mesures ont pour but de limiter les conséquences externes d'un tel événement.

Quelques exemples de telles mesures sont les suivants:

- temps d'élimination du défaut rapide par l'utilisation de capteurs sensibles à la lumière, à la pression ou la chaleur ou par des protections différentielles barres;
- manœuvre à distance;
- dispositifs de limitation de pression, enveloppe résistant à la pression (incluant les portes, les planchers, les grilles de ventilations, etc.);
- protection de transformateur avec un disjoncteur individuel ou des fusibles appropriés associés à des appareils de connexion limitant le courant coupé et la durée du défaut;
- contrôle du flux de gaz et/ou utilisation de moyens de refroidissement du flux de gaz.

Tableau 102 – Emplacements, causes et exemples de mesures de diminution de la probabilité d'arcs internes

Emplacements préférentiels où les défauts d'arc interne peuvent se produire (1)	Causes possibles des défauts d'arc interne (2)	Exemples de mesures préventives possibles (3)
Compartiments connexions	Conception inadéquate	Choisir des dimensions suffisantes Utiliser des matériels appropriés
	Installation défectueuse	Éviter de croiser les câbles Contrôle de la qualité d'exécution sur le site Couple de serrage correct
	Défaut d'isolement solide ou liquide (défaut ou manque d'isolant)	Contrôle de la qualité d'exécution 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

Emplacements préférentiels où les défauts d'arc interne peuvent se produire (1)	Causes possibles des défauts d'arc interne (2)	Exemples de mesures préventives possibles (3)
Connexions boulonnées et contacts	Corrosion	Utilisation de revêtements anticorrosion et/ou graisse. Utilisation de placage Enrobage, si possible Chauffage supplémentaire pour éviter la condensation.
	Assemblage défectueux	Contrôle de la qualité d'exécution par une méthode appropriée Couple de serrage correct Moyens de fixation appropriés
	Pendant l'embrochage ou le débrogage des parties débrogables. Par exemple, du fait du changement diélectrique d'état associé à un dommage ou une déformation des contacts et/ou volets embrogables	Contrôle de la qualité d'exécution sur le site.
Transformateurs de mesure	Ferro-résonance	Éviter ces influences électriques par une conception convenable des circuits
	Court-circuit côté basse tension des transformateurs de tension	Éviter 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
	Vieillesse diélectrique et/ou contraintes thermiques	Essais individuels de série en décharge partielle. Couple correct sur les interconnexions Réduction de l'influence thermique des rayonnements solaires
	Pollution, humidité, pénétration de poussière, insectes, etc.	Mesures à prendre pour s'assurer que les conditions de service spécifiées sont respectées (Se référer à l'Article 2) Utilisation de compartiments à remplissage de gaz
	Surtensions	Protection contre la foudre Coordination d'isolement convenable Essais diélectriques sur site
Interconnexions	Défaillance 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

8.104.4 Considérations relatives au choix et à l'installation

L'utilisateur doit effectuer le choix de manière appropriée, en tenant compte des caractéristiques du réseau, des procédures d'exploitation et des conditions de service. De même, pour la protection des personnes pendant le service, il doit être considéré que tous les postes préfabriqués seront classés IAC.

Pour choisir un poste préfabriqué adapté en fonction des arcs internes, les critères suivants peuvent être utilisés:

- si le risque est considéré comme étant négligeable, le poste préfabriqué classé IAC n'est pas nécessaire;
- si le risque est considéré comme significatif, il convient d'utiliser un poste de classe IAC.

Dans le deuxième cas, il convient de faire le choix en prenant en compte le niveau maximal de courant prévisible et la durée du défaut, comparés aux valeurs assignées de l'équipement soumis aux essais. De plus, il convient de suivre les instructions d'installation du constructeur (voir l'Article 10). En particulier, la position du personnel pendant un phénomène d'arc interne est importante. Dans le cas des postes à aire de manœuvre, il convient que le constructeur indique quelles aires du poste préfabriqué sont classées comme étant accessibles, en fonction de la disposition lors des essais et il convient que l'utilisateur suive scrupuleusement ces instructions. Permettre la pénétration du personnel dans une zone non déclarée comme étant accessible peut exposer ce personnel à des risques de blessures.

La protection des personnes en cas d'arc interne, dans les conditions normales d'exploitation définies en 6.102.1, ne concerne pas seulement la conception et la classification IAC de l'appareillage, mais elle dépend également des conditions d'installation. L'énergie d'arc résultant d'un arc développé dans un fluide isolant quelconque à l'intérieur de l'appareillage haute tension ou dans l'interconnexion haute tension provoque une surpression interne et des échauffements locaux représentant, pour l'enveloppe du poste, des contraintes mécaniques et thermiques. En outre, les matériaux impliqués peuvent engendrer des produits de décomposition à température élevée sous forme de gaz ou de vapeur, se dégageant à l'intérieur ou à l'extérieur du poste. De ce point de vue, une évacuation immédiate et une ventilation de l'enveloppe du poste préfabriqué avant d'y pénétrer de nouveau sont nécessaires, et il convient de prendre des mesures appropriées pour l'installation sur le site.

8.104.5 Essai d'arc interne

L'essai d'arc interne a pour objet de vérifier l'efficacité de la conception pour fournir le niveau de protection des personnes requis en cas d'arc interne, lorsque le poste préfabriqué fonctionne en condition normale de service. L'essai n'évalue pas le comportement du poste préfabriqué dans des conditions de maintenance ou de travaux, lorsque les parties de l'enveloppe, y compris le compartiment à basse tension, sont ouvertes ou déposées.

L'essai d'arc interne ne s'applique qu'aux postes préfabriqués, destinés à être classifiés IAC.

NOTE Il n'est généralement pas possible de calculer la durée d'arc permise pour un courant différent du courant d'essai. La pression maximale pendant l'essai ne diminue généralement pas avec une durée d'arc plus courte, et il n'existe pas de règle générale d'après laquelle la durée d'arc admissible peut être augmentée en cas de courant d'essai plus faible.

8.104.6 Classification IAC

La classification IAC procure un niveau de protection des personnes validé dans les conditions normales de fonctionnement comme indiqué en 6.106.2 de l'IEC 62271-200:2011. Elle se rapporte à la protection du personnel dans ces conditions, mais ne se rapporte pas à la protection du personnel dans des conditions de maintenance, ni à la continuité de service.

Si la classification IAC est démontrée au moyen d'essais, selon 6.103, le poste préfabriqué est désigné de la façon suivante:

- Généralités: classification IAC (pour Internal Arc Classified);
- Accessibilité: A, B ou AB;
- Valeurs assignées: courant de défaut d'arc en kiloampères (kA), et durée en secondes (s). Des valeurs monophasées peuvent être assignées au poste préfabriqué, disposant d'un ou de plusieurs compartiments, dont la construction empêche l'arc d'évoluer en polyphasé, comme vérifié au cours de l'essai d'arc interne. La relation entre la mise à la terre du neutre et le courant de défaut d'arc monophasé phase-terre est donnée dans le Tableau 103. Il convient que les utilisateurs spécifient une valeur assignée de courant de défaut d'arc monophasé phase-terre lorsqu'ils nécessitent une valeur

supérieure à 87 % de la valeur assignée triphasée ou peuvent accepter une valeur inférieure, en fonction de la mise à la terre du neutre.

Pour les trois classes, il est important de réaliser que les essais pour la classification IAC se rapportent à une configuration donnée du poste pour le type et la position du transformateur, et des appareillages haute tension et basse tension. Le résultat de l'essai est dépendant du type spécifique d'appareillage dans le poste.

La sélection d'une classification IAC restreint le libre choix de l'appareillage dans le poste.

Lorsqu'un appareillage avec une Classification Arc Interne conformément à l'IEC 62271-200:2011 est utilisé, pour vérifier la classe d'arc interne IAC-A ou IAC-B, l'implantation de l'équipement dans le poste doit respecter les conditions d'installation reproduites par la simulation du local de l'essai de type d'origine (voir aussi les Figures AA.4 et AA.5).

Tableau 103 – Courant de défaut d'arc monophasé phase-terre en fonction de la mise à la terre du neutre du réseau

Type de mise à la terre du neutre du réseau	Courant de défaut d'arc monophasé phase-terre
Neutre isolé	jusqu'à 87 % du courant de défaut d'arc triphasé assigné
Neutre relié à la terre par impédance	100 % du courant de défaut d'arc monophasé assigné phase-terre
Neutre directement raccordé à la terre	100 % du courant de défaut d'arc triphasé assigné
NOTE 1 Si le courant de défaut d'arc monophasé assigné phase-terre couvre la condition de neutre raccordé directement à la terre, toutes les autres conditions de mise à la terre du réseau sont également couvertes. NOTE 2 Pour les systèmes à neutre isolé, le courant de défaut monophasé phase-terre maximal peut en théorie atteindre des niveaux jusqu'à 87 % du courant de défaut d'arc triphasé assigné (courant de défaut monophasé phase-terre dans des conditions de défaut biphasé à la terre). Cependant, la probabilité de défauts biphasés à la terre est très faible dans des emplacements indépendants à proximité d'un appareillage soumis à un défaut monophasé phase-terre. Par conséquent, cette condition peut ne pas s'appliquer et l'utilisateur peut spécifier une caractéristique assignée réduite de courant de défaut d'arc monophasé phase-terre.	

8.105 Résumé des exigences techniques, des caractéristiques assignées et des essais optionnels

Le Tableau 104 fournit un résumé des éléments à considérer pour les exigences techniques, les caractéristiques assignées et les essais optionnels des postes préfabriqués

Tableau 104 – Résumé des exigences techniques et des caractéristiques assignées pour les postes préfabriqués (1 de 4)

Information Conditions de service		Paragraphe ou article de cette norme	Norme de référence	Exigences de l'utilisateur si nécessaire
Température de l'air ambiant		2	IEC 62271-1:2007	
Moyenne	°C			
Minimale	°C			
Maximale	°C			
Rayonnement solaire	W/m ²		IEC 60721-2-4:1987+A1:1988	
Altitude	m			
Pollution	Niveau		haute tension: IEC 62271-1:2007	
Couche de glace	Classe		basse tension: IEC 61439-1	
Sable balayé par le vent			IEC 60815	
Neige balayée par le vent			IEC 62271-1:2007	
Vent	m/s		IEC 60721-2-2:2012	
Condensation ou précipitation			IEC 60721-2-2:2012	
			IEC 60721-2-2:2012	
			IEC 60721-2-2:2012	
			IEC 60721-2-2:2012	
Risque de tremblements de terre			IEC/TR 62271-300:2006	
Risque d'autres vibrations			IEC 60721-1:1990+A1:1992+A2:1995	
Perturbations électromagnétiques induites dans le réseau secondaire			IEC 62271-1:2007	

Caractéristiques assignées du poste préfabriqué

Informations Caractéristiques assignées du poste préfabriqué		Paragraphe ou article de cette norme	Norme de référence	Indications des exigences à apporter par l'utilisateur si nécessaire
Haute tension assignée	kV	4.1	haute tension: IEC 62271-200:2011	
Basse tension assignée	V		basse tension: IEC 61439-1 et IEC 60947-1	
Tension assignée pour les enroulements du transformateur	kV/V		Transformateur HT/BT: IEC 60076-1:2011	
Nombre de phases		9.1	IEC 62271-202	
Type de mise à la terre du réseau haute tension	kA	9.1	Utilisateur IEC 62271-202	
Courant de défaut de terre maximal attendu				
Type de mise à la terre du réseau basse tension	kA	9.1	Utilisateur IEC 62271-202	
Courant de défaut de terre maximal attendu				
Puissance assignée maximale du poste préfabriqué	kVA	4.10.1	IEC 60076-1:2011 IEC 60076-11:2004	
Classe de l'enveloppe	Classe	4.101.2	IEC 62271-202	

Tableau 104 (2 de 4)

Informations Caractéristiques assignées du poste préfabriqué		Paragraphe ou article de cette norme	Norme de référence	Indications des exigences à apporter par l'utilisateur si nécessaire
Classification arc interne Courant de défaut Durée	IAC- A/IAC- B/IAC- AB kA s	5.103	IEC 62271-202	
Niveaux d'isolement assignés Durée assignée à la tension de courte durée à fréquence industrielle (U_d) Valeurs communes Sur la distance de sectionnement Tenue à la tension de choc de foudre assignée (U_p) Valeurs communes Sur la distance de sectionnement	Haute tensio n / basse tensio n kV/V kV/V kV/V kV/V	4.2	haute tension: IEC 62271-1:2007 basse tension: IEC 61439-1 IEC 60947-1	
Fréquence assignée (f_r)	Hz	4.3	haute tension: IEC 62271-1:2007 basse tension: IEC 61439-1 IEC 60947-1	
Courant permanent assigné (I_r) Appareillage basse tension Arrivée Jeu de barres Départ Interconnexion entre haute tension et transformateur Appareillage basse tension Arrivée Jeu de barres Départs basse tension Circuits auxiliaires	 A A A A A A A A	4.4	haute tension: IEC 62271-1:2007 basse tension: IEC 61439-1	
Courant de courte durée admissible assigné (I_k) Haute tension Basse tension Circuit de terre	 kA kA kA	4.5	IEC 62271-1:2007 IEC 61439-1 IEC 62271-1:2007	
Courant de crête assigné admissible (I_p) Haute tension Basse tension Circuit de terre	 kA kA kA	4.6	IEC 62271-1:2007 IEC 61439-1 IEC 62271-1:2007	
Durée de court circuit assignée (t_k) Haute tension Basse tension Transformateur Circuit de terre	 s s s s	4.7	IEC 62271-1:2007 IEC 61439-1 IEC 60076-5:2006 IEC 60076-11:2004 IEC 62271-1:2007	

Tableau 104 (3 de 4)

Informations Caractéristiques assignées du poste préfabriqué		Paragraphe ou article de cette norme	Norme de référence	Indications des exigences à apporter par l'utilisateur si nécessaire
Tension assignée d'alimentation des dispositifs de fermeture et d'ouverture et des circuits auxiliaires et de commande (U_a)	Haute tensio n / basse tensio n	4.8	IEC 62271-1:2007 IEC 61439-1	
Fermeture et déclenchement	V			
Indication	V			
Contrôle	V			
Fréquence assignée d'alimentation des dispositifs de fermeture et d'ouverture et des circuits auxiliaires		4.9		
Haute tension	Hz		IEC 62271-1:2007	
Basse tension	Hz		IEC 61439-1	

Conception et construction du poste

Information Conception et construction du poste préfabriqué		Paragraphe ou article de cette norme	Norme de référence	Indications des exigences à apporter par l'utilisateur si nécessaire
Degré de protection de l'enveloppe portes fermées Degré de protection du compartiment basse tension Degré de protection du compartiment haute tension Degré de protection des compartiments du transformateur		5.13	IEC 60529:1989+A 1:1999+A2:2013	
Type de matériels: Appareillage haute tension Appareillage basse tension Transformateur			Utilisateur	
Type de poste: Manœuvré de l'intérieur Manœuvré de l'extérieur Au niveau du sol Partiellement sous le niveau du sol Sous le niveau du sol			Utilisateur	
Valeurs assignées du(des) transformateur(s) Puissance Pertes en charge P_{cu} Pertes à vide P_0 Courant à vide I_0 Impédance de court-circuit Échauffement Isolement	kVA kVA W W A % K	4.101	IEC 60076-1:2011 IEC 60076-11:2004 IEC 60076-2:2011 IEC 60076-3:2013	
Matériaux de l'enveloppe		5.104.2.2	IEC 62271-202	
Traitement de surface de l'enveloppe		9.1	IEC 62271-202	
Énergie d'impact mécanique	J	6.101.3	IEC 60068-2- 75:1997	

Tableau 104 (4 de 4)

Conception et construction du poste préfabriqué (suite)

Information Conception et construction du poste préfabriqué		Paragraphe ou article de cette norme	Norme de référence	Indications des exigences à apporter par l'utilisateur si nécessaire
Contraintes mécaniques par charge de neige sur le toit	N/m ²	9.1	IEC 62271-202	
Charges sur toiture	N/m ²		IEC 62271-202	
Pression du vent	N/m ²		IEC 62271-1:2007	
Dimensions et masses		9.1	IEC 62271-202	
Longueur maximale	mm			
Largeur maximale	mm			
Hauteur totale	mm			
Longueur au niveau du sol	mm			
Largeur au niveau du sol	mm			
Hauteur au-dessus du niveau du sol	mm			
Masse de chaque unité de transport	kg			
Masse totale du poste préfabriqué	kg			
Niveau de bruit	dB		IEC 60076-10:2001	

9 Renseignements à donner dans les appels d'offres, les soumissions et les commandes

L'Article 9 de l'IEC 62271-1:2007 n'est pas applicable. En lieu et place les dispositions suivantes s'appliquent.

Le présent article énumère les informations qui sont nécessaires pour permettre à l'utilisateur d'effectuer un appel d'offres approprié pour un poste préfabriqué et au fournisseur de remettre une soumission appropriée.

9.1 Renseignements dans les appels d'offres et les commandes

Le paragraphe 9,1 de l'IEC 62271-1:2007 n'est pas applicable.

Lorsqu'il est fait un appel d'offres ou lorsqu'on passe commande d'un poste préfabriqué, il convient que le contenu de l'offre soit défini pour tous les équipements et les services. Cela peut inclure les notices concernant l'utilisation, les caractéristiques techniques et l'implantation ainsi que les exigences pour une assistance du fournisseur. Il convient que le demandeur fournisse les renseignements suivants:

a) Particularités du réseau:

Tensions nominales et tensions les plus élevées, fréquence, modes de mise à la terre du neutre des réseaux.

b) Conditions de service

La 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, telles 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 excessive ou au sel (par exemple, due à la circulation ou à la pollution industrielle), le risque de tremblement de terre ou d'autres vibrations dues à des causes extérieures à l'équipement à livrer.

c) Particularités et caractéristiques électriques du poste préfabriqué:

- 1) tensions assignées des appareillages haute tension et basse tension, et la tension d'exploitation des transformateurs;

- 2) puissance assignée maximale du poste préfabriqué;
- 3) fréquence assignée;
- 4) niveaux d'isolement assignés;
- 5) courants de courte durée assignés admissibles;
- 6) durée assignée de court-circuit (si elle est différente de 1 s);
- 7) courants de crête assignés admissibles;
- 8) valeurs assignées des matériels (appareillage, transformateur et interconnexions haute tension et basse tension);
- 9) nombre de phases;
- 10) types de matériels (par exemple, appareillage isolé dans l'air ou dans un gaz, transformateur immergé);
- 11) classe de l'enveloppe et facteur de charge;
- 12) schémas des circuits;
- 13) degré(s) de protection des appareillages haute tension et basse tension, de l'enveloppe du poste et de ses cloisons, si elles existent;
- 14) poste placé sous le niveau du sol, partiellement sous le niveau du sol ou au niveau du sol;
- 15) manœuvré de l'intérieur ou de l'extérieur;
- 16) matériau et traitement de surface de l'enveloppe;
- 17) contraintes mécaniques (par exemple, charges de neige, charges sur toiture, pression du vent, etc.);
- 18) dimensions maximales admissibles et exigences particulières affectant l'implantation des postes préfabriqués (disposition générale);
- 19) 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;
- 20) classification arc interne (si elle existe), valeur du courant d'essai en kA et la durée en seconde(s), et le type d'accessibilité correspondant;
- 21) toute disposition de conception particulière comme le choix du circuit de mise à la terre (se référer à l'Annexe EE), acceptation, si applicable, de l'utilisation de l'enveloppe comme partie du circuit de mise à la terre (voir 5.3), le type des systèmes de verrouillage, les étiquettes, etc.
- 22) catégorie de perte de continuité de service (LSC1, LSC2, LSC2A ou LSC2B) des unités fonctionnelles de l'appareillage haute tension

En plus de ces renseignements, il convient que le demandeur indique toute condition qui pourrait affecter la soumission ou la commande, telles que les conditions particulières de montage ou d'installation (par exemple, voisinage de murs à proximité, implantation en talus, éléments pouvant affecter la ventilation, le traitement des gaz d'échappement, les dimensions particulières, etc.), l'emplacement des connexions externes haute tension, les réglementations locales en matière d'incendie et de bruit, et la durée de vie estimée. Il convient d'indiquer si des essais de type spéciaux sont exigés.

9.2 Renseignements pour les soumissions

Le paragraphe 9.2 de l'IEC 62271-1:2007 n'est pas applicable. En lieu et place les dispositions suivantes s'appliquent.

Il convient que les renseignements suivants soient fournis par le constructeur, en même temps que les descriptifs et les plans:

- a) valeurs et caractéristiques assignées telles qu'énumérées aux points b) et c) de 9.1;

- b) sur demande, liste des certificats ou rapports d'essai de type, incluant la justification du choix des essais d'arc dû à un défaut interne pour la classe IAC-A ou IAC-B ou IAC-AB, le cas échéant. La liste doit contenir les essais de type réalisés sur les principaux composants électriques (appareillage haute tension, transformateur de puissance et appareillage basse tension);
- c) détails de construction, tels que:
 - 1) masse de chaque unité de transport;
 - 2) masse totale du poste préfabriqué;
 - 3) encombrement et implantation (disposition générale) du poste préfabriqué;
 - 4) dimensions maximales admissibles du transformateur;
 - 5) information relative à la disposition des connexions externes;
 - 6) exigences de transport et d'installation;
 - 7) renseignements relatifs au fonctionnement et à l'entretien;
 - 8) renseignements requis par les normes applicables des matériels;
 - 9) distances minimales recommandées autour du poste;
 - 10) volume du réservoir de rétention de l'huile (s'il existe).
- d) sur demande, liste des pièces détachées recommandées qu'il convient que l'utilisateur se procure;
- e) caractéristiques des matériaux de l'enveloppe et, le cas échéant, des traitements de surface ou des revêtements, et les essais réalisés pour évaluer leurs performances dans les conditions d'environnement spécifiées;
- f) attestation déclarant que le poste est conforme à la présente norme.

10 Transport, stockage, installation, manœuvre et maintenance

L'Article 10 de l'IEC 62271-1:2007 n'est pas applicable.

Il est essentiel que le transport, le stockage et l'installation du poste préfabriqué ou de ses unités de transport ainsi que sa manœuvre et sa maintenance en service soient effectués conformément aux instructions fournies par le constructeur.

En conséquence, il convient que le constructeur fournisse des instructions de transport, de stockage, d'installation, de manœuvre et de maintenance du poste préfabriqué. Il convient que les instructions de transport et de stockage soient données en temps utile avant la livraison, et que les instructions d'installation, de manœuvre et de maintenance soient fournies au plus tard à la livraison.

Les normes applicables aux différents matériels définissent des règles particulières de transport, d'installation, de manœuvre et de maintenance, qu'il convient, le cas échéant, d'inclure dans les instructions générales applicables au poste préfabriqué.

Les informations suivantes sont fournies afin de compléter ces instructions en indiquant les informations supplémentaires les plus importantes à fournir par le constructeur des postes préfabriqués.

10.1 Conditions à respecter pendant le transport, le stockage et l'installation

Il convient de prévoir un accord spécial entre le constructeur et l'utilisateur si les conditions de service définies dans la commande ne peuvent pas être garanties au cours du transport, du stockage et de l'installation. En particulier, il convient que des instructions soient fournies afin de protéger l'isolation contre une absorption excessive d'humidité ou une pollution irréversible, si les conditions d'environnement avant mise sous tension sont telles que l'enveloppe ne peut assurer une protection appropriée.

Il pourrait également s'avérer nécessaire de fournir des instructions et/ou des éléments spécifiques afin de fixer les matériels tels que l'appareillage et le transformateur de puissance afin d'éviter les éventuels dommages dus à des vibrations ou à des chocs prévisibles en cours de transport.

10.2 Installation

Pour chaque type de poste préfabriqué, il convient que les instructions fournies par le constructeur comprennent au moins les indications ci-après.

10.2.1 Déballage et manutention

La masse de chaque unité de transport doit être précisée par le constructeur et de préférence indiquée sur l'étiquette de l'équipement.

Des points d'ancrage pour le levage et permettant la manutention de la masse de chaque unité doivent être installés.

Des instructions doivent clairement déterminer la méthode préférentielle de manutention du poste en toute sécurité et la nécessité de retirer les dispositifs de levage s'ils ne sont pas adaptés à une utilisation extérieure en permanence.

10.2.2 Assemblage

Lorsque le poste préfabriqué n'est pas entièrement assemblé pour le transport, il convient que toutes ses unités de transport soient clairement repérées, et que soient fournis les dessins montrant l'assemblage de ces unités.

10.2.3 Montage

Il convient que le constructeur fournisse toutes les informations nécessaires permettant de réaliser la préparation du site, comme:

- les travaux de génie civil de terrassement nécessaires;
- les bornes de mise à la terre extérieures et la ceinture équipotentielle si besoin;
- la position des entrées de câble;
- le raccordement au réseau extérieur de drainage d'eau de pluie, le cas échéant, en indiquant la taille et la disposition de la tuyauterie.

Au-delà de ces articles, il convient que le constructeur indique n'importe quelle autre condition ou restriction considérée comme étant nécessaire à une installation et/ou exploitation correcte du poste préfabriqué.

10.2.4 Raccordements

Il n'y a pas de précision ou de complément à ce paragraphe de l'IEC 62271-1:2007.

10.2.5 Inspection finale de l'installation

Le paragraphe 10.2.5 de l'IEC 62271-1:2007 est pas applicable.

Instructions pour l'inspection et l'essai du poste préfabriqué après son installation et son raccordement dont il convient qu'elles incluent au moins la liste des essais recommandés à faire sur le site.

10.2.6 Données d'entrée de base fournies par l'utilisateur

Il n'y a pas de précision ou de complément à ce paragraphe de l'IEC 62271-1:2007.

10.2.7 Données d'entrée de base fournies par le constructeur

Il n'y a pas de précision ou de complément à ce paragraphe de l'IEC 62271-1:2007.

10.3 Fonctionnement

Le paragraphe 10,3 de l'IEC 62271-1:2007 est applicable, avec le complément suivant.

Outre les instructions de fonctionnement particulières à chaque matériel, il convient que le constructeur fournisse les informations supplémentaires suivantes, de façon que l'utilisateur puisse clairement comprendre les principes majeurs mis en œuvre:

- une description des aspects de la sécurité du poste préfabriqué et une liste de tout moyen ou outillage spécial fourni pour des raisons de sécurité ainsi que leurs instructions d'utilisation;
- le fonctionnement de la ventilation, des interverrouillages et des dispositifs de cadenassage.

10.4 Maintenance

Le paragraphe 10.4 de l'IEC 62271-1:2007 est applicable, avec le complément suivant.

Le constructeur doit fournir un manuel de maintenance comprenant au moins les informations suivantes:

- instructions de maintenance complètes pour les matériels, conformément aux exigences des normes applicables;
- instructions de maintenance de l'enveloppe, le cas échéant, y compris la périodicité et la procédure de maintenance.

Paragraphe complémentaire:

10.101 Démontage, recyclage et enlèvement en fin de vie

Il convient que le constructeur fournisse les informations appropriées pour permettre à l'utilisateur final de procéder au démontage, au recyclage et à l'enlèvement du poste préfabriqué en fin de vie. Ces informations prennent en compte la protection des travailleurs et de l'environnement.

11 Sécurité

L'article 11 de l'IEC 62271-1:2007 n'est pas applicable.

Les postes préfabriqués haute tension/basse tension procurent aux opérateurs et au public le degré de protection spécifié seulement quand ils sont installés et exploités conformément aux instructions du constructeur. En complément, l'utilisateur peut établir des procédures spécifiques pour l'installation et l'exploitation.

Les aspects de sûreté des matériels sont couverts par les normes de produits correspondantes.

Les paragraphes suivants de la présente norme décrivent des caractéristiques additionnelles assurant la protection des opérateurs et du public contre des dangers divers.

Paragraphes complémentaires:

11.101 Aspects électriques

- Mise à la terre (contact indirect) (voir 5.3).
- Codification IP (contact direct) (voir 5.13).

11.102 Aspects mécaniques

- Contraintes mécaniques (voir 5.101).

11.103 Aspects thermiques

- Inflammabilité (voir 5.104.2).
- Température maximale des parties accessibles (voir 6.5.105 d).

NOTE L'ISO 13732-1:2006 et le Guide 117:2010 de l'IEC abordent cette question.

11.104 Aspects liés à un arc dû à un défaut interne

- Défaut d'arc interne (voir 5.103).

12 Influence du produit sur l'environnement

L'Article 12 de l'IEC 62271-1:2007 est applicable.

Annexe AA (normative)

Défaut d'arc interne – Méthode de vérification de la classification arc interne (IAC)

AA.1 Généralités

L'essai pour l'accessibilité de type A est principalement destiné à vérifier la protection des opérateurs sur les faces accessibles haute tension du poste. La protection des opérateurs exécutant d'autres activités sur le poste, en particulier ceux qui exigent d'ouvrir d'autres portes (par exemple, sur le côté basse tension) n'est pas considérée dans la présente norme. Par conséquent pendant l'essai, toutes les autres portes, excepté la porte donnant l'accès au côté de haute tension du poste (appareillage et interconnexion haute tension) sont à fermer correctement, et elles doivent rester fermées après l'essai.

L'essai pour l'accessibilité de type B a pour objectif de vérifier la protection du public à proximité du poste. Par conséquent toutes les portes doivent être correctement fermées pour réaliser l'essai.

AA.2 Local d'essai

Il convient que les essais d'arc dû à un défaut interne visant à vérifier la protection prévue pour les opérateurs à l'intérieur d'un poste soient réalisés en utilisant un échantillon de l'enveloppe du poste. Si cela est réalisable, pour de grands postes, l'essai peut être réalisé dans un local simulant l'aire de manœuvre en s'assurant que les conditions ne sont pas moins contraignantes concernant la direction des flux de gaz, les contraintes sur l'enveloppe, ainsi que le dispositif de limitation de pression. Tous les autres matériels ou leurs éléments de remplacement peuvent être utilisés dans la mesure où ils sont installés dans les conditions de service.

Les postes préfabriqués sont conçus pour une utilisation à l'extérieur. En conséquence, aucun local d'essai autour du poste n'est requis pour les essais d'arc dû à un défaut interne visant à vérifier le niveau de protection prévue à l'extérieur du poste. Cependant, lorsque le sol autour du poste est susceptible de contribuer à la performance du poste, sa simulation peut être requise.

Si le constructeur revendique que la conception du poste requiert que les voies d'accès des câbles et/ou tout autre dispositif additionnel de conduit d'échappement sont nécessaires pour évacuer les gaz générés durant l'arc dû à un défaut interne, les dimensions de leurs sections et leurs positions doivent être définies par le constructeur. L'essai doit être réalisé avec la simulation de ces conduits d'évacuation.

Cette exigence doit être clairement établie, en particulier dans le manuel d'instructions (voir Article 10), pour que la classe IAC soit valide.

AA.3 Indicateurs (pour évaluer l'effet thermique des gaz)

AA.3.1 Généralités

Les indicateurs sont des morceaux de tissu en coton noir et doivent être disposés de telle façon que leurs bords ne soient pas dirigés vers l'échantillon d'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 ($\begin{smallmatrix} 0 \\ -3 \end{smallmatrix}$ mm), se référer à la Figure AA.1.

Pour les indicateurs horizontaux, on doit éviter que des particules incandescentes puissent s'accumuler. Cela peut être obtenu en montant les indicateurs sans cadre, comme indiqué sur la Figure AA.2.

Les dimensions des indicateurs doivent être de 150 mm × 150 mm ($\begin{smallmatrix} +15 \\ 0 \end{smallmatrix}$ mm).

AA.3.2 Disposition des indicateurs

Les indicateurs doivent être placés sur des supports face aux endroits où une émission de gaz est probable (par exemple, jointures, fenêtres d'inspection, portes) aux distances liées au type d'accessibilité.

La longueur des supports de montage doit être supérieure à celle de la surface correspondante en essai pour prendre en compte la possibilité d'éjection de gaz chauds sous un angle jusqu'à 45° de cette surface en essai. Cela signifie que les supports de montage doivent être 100 mm plus longs de chaque côté que l'échantillon en essai dans le cas d'une classe d'accessibilité B, ou de 300 mm plus longs de chaque côté dans le cas d'une classe d'accessibilité A, dans la mesure où l'agencement du poste ou le montage d'essai ne limite pas cette extension.

Dans tous les cas, la distance entre l'échantillon en essai et les indicateurs installés verticalement est mesurée de la surface de l'enveloppe, en ignorant les éléments protubérants (par exemple, poignées, cadres d'appareils, etc.). Si la surface de l'échantillon en essai n'est pas régulière, il convient de placer les indicateurs de manière à simuler de manière aussi réaliste que possible la position qu'un opérateur ou qu'une personne adopterait en face de l'équipement, à la distance spécifiée en fonction de la classe d'accessibilité.

a) Essais de vérification du niveau de protection des opérateurs. Accessibilité de type A (accessibilité limitée).

Pour l'essai d'arc interne dans l'appareillage haute tension d'un poste manœuvré de l'intérieur (4.102.2 a)), la disposition des indicateurs doit être conforme aux exigences de l'Annexe AA de l'IEC 62271-200:2011 pour l'accessibilité de type A.

NOTE 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.

Lorsque la conception du poste inclut sous le plancher un espace recevant les gaz d'échappement, le comportement du plancher doit être vérifié du point de vue de la sécurité de l'opérateur se trouvant sur celui-ci. Deux situations sont considérées:

- si la conception et la construction du plancher rendent possible le déplacement de ses éléments ou permettent aux gaz de s'échapper par des orifices ou des joints, un autre support horizontal doté d'indicateurs est placé à une distance de 100 mm du sol (voir les Figures AA.3c et AA.3d);
- dans les autres cas, ce support horizontal n'est pas utile.

Pour l'essai d'arc interne dans l'appareillage haute tension d'un poste manœuvré de l'extérieur (4.102.2 b)), les indicateurs doivent être placés en face de la face d'accès (avec les portes ouvertes) à 300 mm de l'appareillage haute tension. Si la face avant de l'appareillage haute tension est à plus de 300 mm à l'intérieur du poste, les indicateurs sont placés dans la position des portes fermées. Des indicateurs doivent également être placés horizontalement, à une hauteur de 2 m au-dessus du niveau du sol comme décrit à

la Figure AA.3a et couvrant toute la surface entre 300 mm et 800 mm de l'appareillage haute tension. Les indicateurs doivent être régulièrement répartis, organisés en damier couvrant 40 % à 50 % de la surface.

Il n'est pas nécessaire de placer des indicateurs autour des autres côtés du poste.

Toutes les autres portes, à l'exception de la porte en face de l'appareillage haute tension sont tenues de rester correctement fermées.

L'essai est principalement destiné à vérifier la protection des opérateurs sur les faces accessibles haute tension du poste. La protection des opérateurs exécutant d'autres activités sur le poste, en particulier ceux qui exigent d'ouvrir d'autres portes (par exemple, sur le côté basse tension) n'est pas considérée dans la présente norme. Par conséquent pendant l'essai, toutes les autres portes, excepté la porte donnant l'accès au côté de haute tension du poste (appareillage et interconnexion haute tension) sont à fermer correctement, et elles doivent rester fermées après l'essai.

Lorsque la conception du poste manœuvré de l'extérieur inclut un volume sous le plancher recevant les gaz d'échappement autour du poste, le comportement du couvercle de ce volume doit être vérifié du point de vue de la sécurité de l'opérateur se trouvant sur celui-ci. Dans ce cas, un autre support horizontal avec des indicateurs est placé à une distance de 100 mm du plancher (voir la Figure AA.3d).

Pour l'essai d'arc interne sur les interconnexions haute tension, les indicateurs doivent être disposés sur chaque côté accessible, à 300 mm de la position la plus proche qu'un opérateur peut atteindre dans les conditions normales de fonctionnement.

b) Essais de vérification du niveau de protection du public. Accessibilité de type B.

Du linon coton noir (40 g/m² environ) doit être utilisé pour les indicateurs. Toutes les portes et tous les capots doivent être fermés et verrouillés comme en conditions normales de fonctionnement quand aucune opération n'est effectuée sur le poste.

Les indicateurs doivent être disposés verticalement sur tous les côtés accessibles du poste préfabriqué jusqu'à une hauteur de 2 m au-dessus du niveau du sol. Si la hauteur du poste est inférieure à 1,9 m, les indicateurs verticaux doivent être disposés jusqu'à une hauteur supérieure de 100 mm à celle de l'échantillon en essai (voir Figure AA.3b).

Les indicateurs doivent être régulièrement répartis, organisés en damier couvrant 40 % à 50 % de la surface.

La distance des indicateurs au poste doit être de 100 mm ± 5 mm.

Si la hauteur du poste est supérieure ou égale à 1,9 m, des indicateurs doivent être placés horizontalement, à une hauteur au-dessus du niveau du sol comme décrit à la Figure AA.3b et couvrant toute la surface entre 100 mm à 800 mm du poste préfabriqué.

Si la hauteur du poste est inférieure à 1,9 m, des indicateurs organisés en damier doivent être placés horizontalement sur le toit, face à tous les points d'où les gaz peuvent s'échapper (par exemple, jointures). De plus, si des ouvertures de ventilation ou dispositifs d'échappement font partie de la conception du toit, des indicateurs doivent être placés, organisés en damier, face aux ouvertures, à une distance de 100 mm.

Si le toit du poste n'est pas horizontal, les indicateurs doivent suivre sa pente à une distance de 100 mm.

Lorsque la conception du poste manœuvré de l'extérieur inclut un volume sous le plancher recevant les gaz d'échappement autour du poste, le comportement du couvercle de ce volume doit être vérifié du point de vue de la sécurité du public se trouvant sur celui-ci. Deux situations sont considérées:

- si la conception et la construction du couvercle rendent possible le déplacement de ses éléments ou permettent aux gaz de s'échapper par des orifices ou des joints, un autre support horizontal doté d'indicateurs est placé à une distance de 100 mm du couvercle (voir la Figure AA.3f);
- dans les autres cas, ce support horizontal n'est pas utile.

AA.4 Tolérances pour les dimensions géométriques des montages d'essai

Résumé des tolérances pour les dimensions géométriques des montages d'essai, telles que notées dans le texte (les valeurs données entre parenthèses dans celui-ci correspondent aux tolérances applicables uniquement au montage d'essai réel et n'étendent pas les valeurs requises):

- dimensions des indicateurs: 0/+15 mm;
- profondeur du cadre en acier des indicateurs: –3/0 mm;
- hauteur des indicateurs ± 50 mm;
- distance entre échantillon d'essai et indicateurs;
- type d'accessibilité A ± 30 mm;
- type d'accessibilité B ± 5 mm.

AA.5 Paramètres d'essai

Le AA.4 de l'IEC 62271-200:2011 est applicable.

AA.6 Procédure d'essai

Les procédures et le nombre d'essais sur l'appareillage haute tension dépendent de la classification IAC ou non de l'appareillage selon l'IEC 62271-200:2011. Les Figures AA.4 et AA.5 indiquent les critères de sélection du compartiment haute tension à soumettre à essai.

Les essais d'arc interne dans l'appareillage haute tension doivent être réalisés selon AA.5 de l'IEC 62271-200:2011 pour l'appareillage sous enveloppe métallique classifié IAC, incluant le point d'amorçage de l'arc.

Les procédures et le nombre d'essais sur les interconnexions dépendent du type de protection des transformateurs dans l'appareillage et des types d'interconnexions. Les Figures AA.6 et AA.7 indiquent les critères de sélection du compartiment haute tension à soumettre à essai.

Les essais couvrant le cas d'un défaut d'arc dans l'interconnexion haute tension doivent être réalisés en suivant, dans la mesure du possible, les dispositions de l'Annexe AA de l'IEC 62271-200:2011.

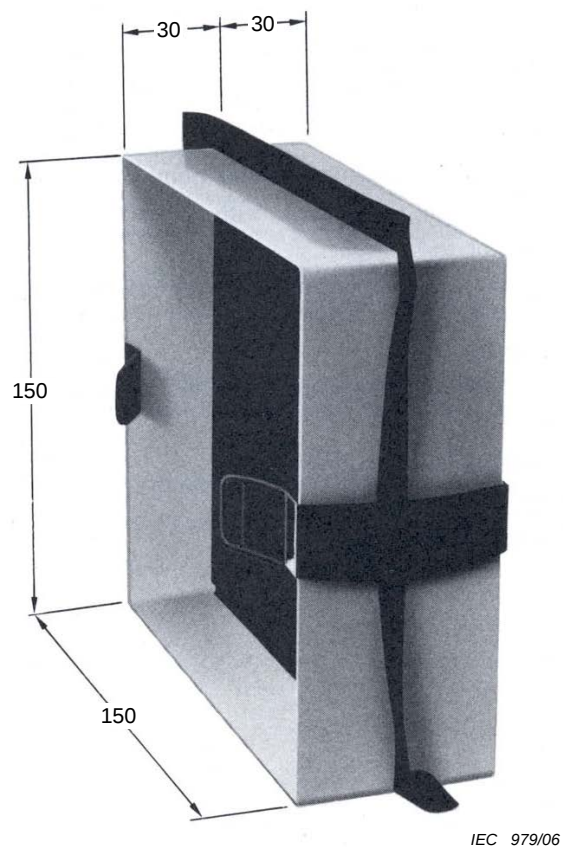
L'Article AA.5 de l'IEC 62271-200:2011 est applicable, avec les compléments donnés dans AA.5.2 de l'IEC 62271-200:2011.

Le point d'amorçage de l'arc doit être situé au point accessible le plus éloigné de l'alimentation. Le sens d'alimentation doit être celui du flux d'énergie attendu normalement en service.

Pour chaque type d'accessibilité d'un poste préfabriqué, l'amorçage de l'arc triphasé dans le compartiment de commutateur de l'appareillage haute tension est obligatoire (voir les Figures AA.4 et AA.5). De plus, dans le cadre d'un accord entre le constructeur et l'utilisateur, l'amorçage de l'arc dans d'autres compartiments de l'appareillage haute tension peut être réalisé.

L'essai d'arc interne réalisé sur des interconnexions haute tension isolées et blindées équipées de connexions blindées conformément à l'IEC 60050-461:2008, 461-10-15 n'est pas nécessaire (Voir les Figures AA.6 et AA.7). Toutefois, un essai facultatif peut être convenu entre le constructeur et l'utilisateur. Dans ce cas, AA.5.2.3.1 de l'IEC 62271-200:2011 est applicable.

L'essai d'arc interne est à réaliser sur des interconnexions solides haute tension dotées de connexions isolées conformément à l'IEC 60050-461:2008, 461-10-16 ou 461-10-21.



Dimensions en millimètres

Figure AA.1 – Cadre de montage pour les indicateurs verticaux

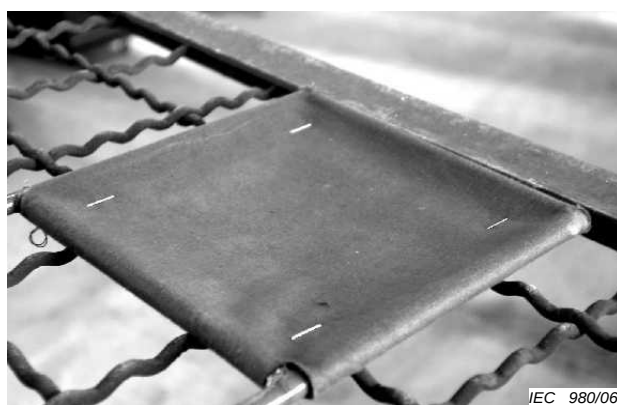
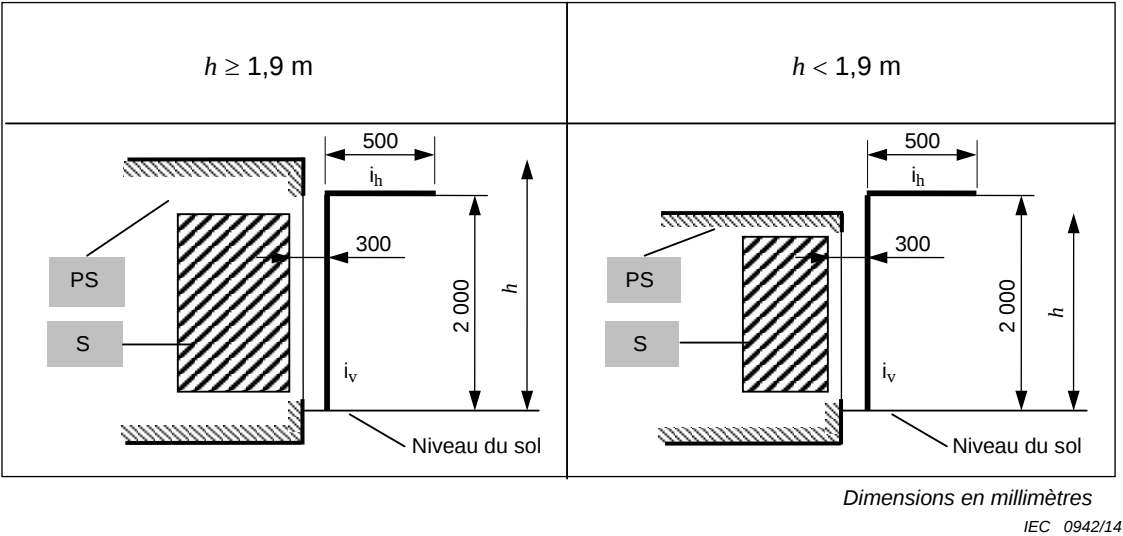


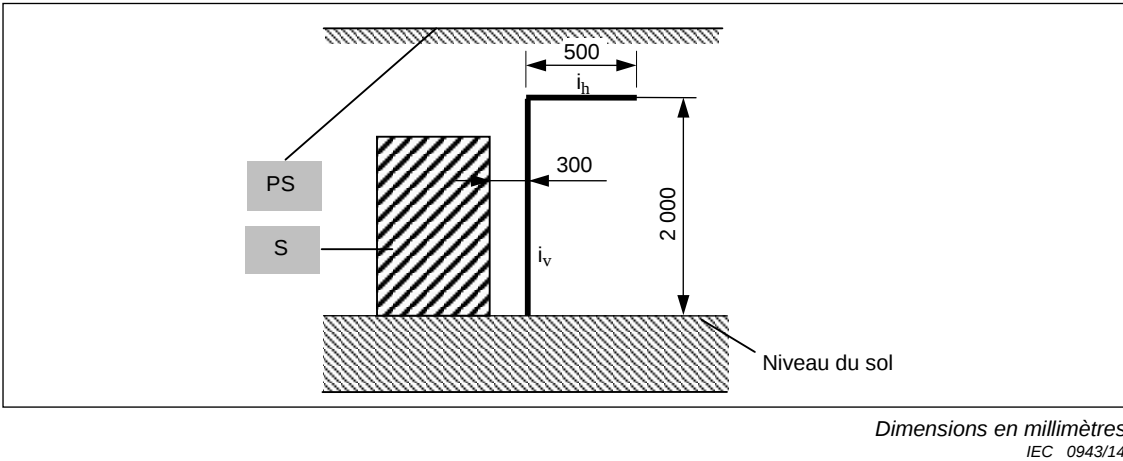
Figure AA.2 – Indicateurs horizontaux



Légende

- PS poste préfabriqué
- S appareillage haute tension
- h hauteur du poste préfabriqué
- i_h indicateurs horizontaux
- i_v indicateurs verticaux

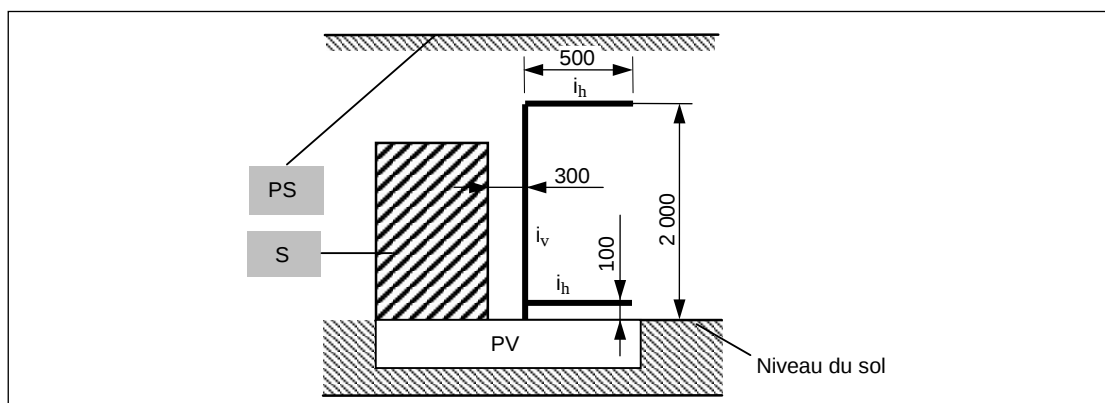
Figure AA.3a – Protection des opérateurs face au côté ouvert d'un poste manœuvré de l'extérieur



Légende

- PS poste préfabriqué
- S appareillage haute tension
- i_h indicateurs horizontaux
- i_v indicateurs verticaux

Figure AA.3b – Protection des opérateurs face à l'appareillage haute tension d'un poste manœuvré de l'intérieur



Dimensions en millimètres

IEC 0944/14

Légende

PS poste préfabriqué

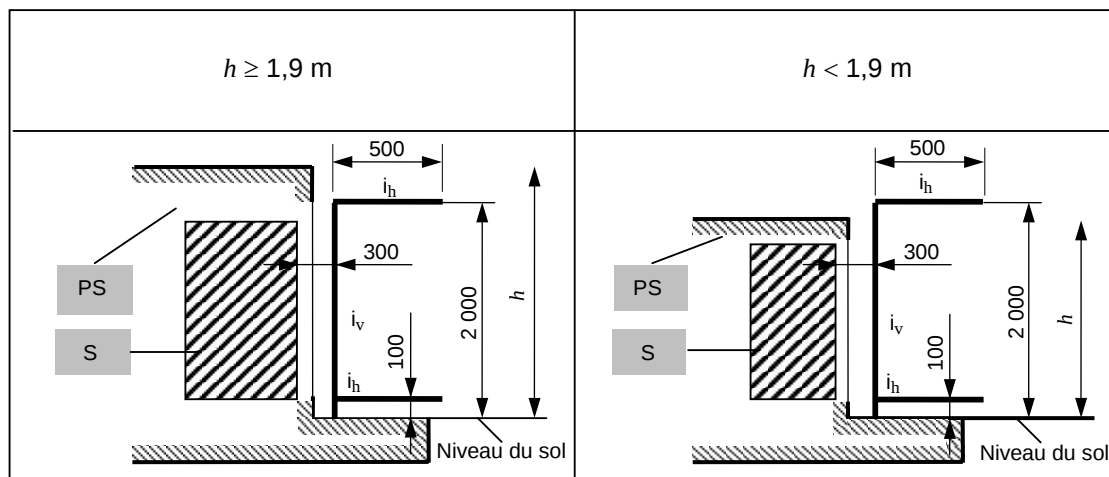
S appareillage haute tension

i_h indicateurs horizontaux

i_v indicateurs verticaux

PV volume de décompression pour l'échappement des gaz

Figure AA.3c – Protection des opérateurs face à l'appareillage haute tension dans un poste manœuvré de l'intérieur disposant d'un volume de décompression au-dessous du plancher



Dimensions in millimètres

IEC 0945/14

Légende

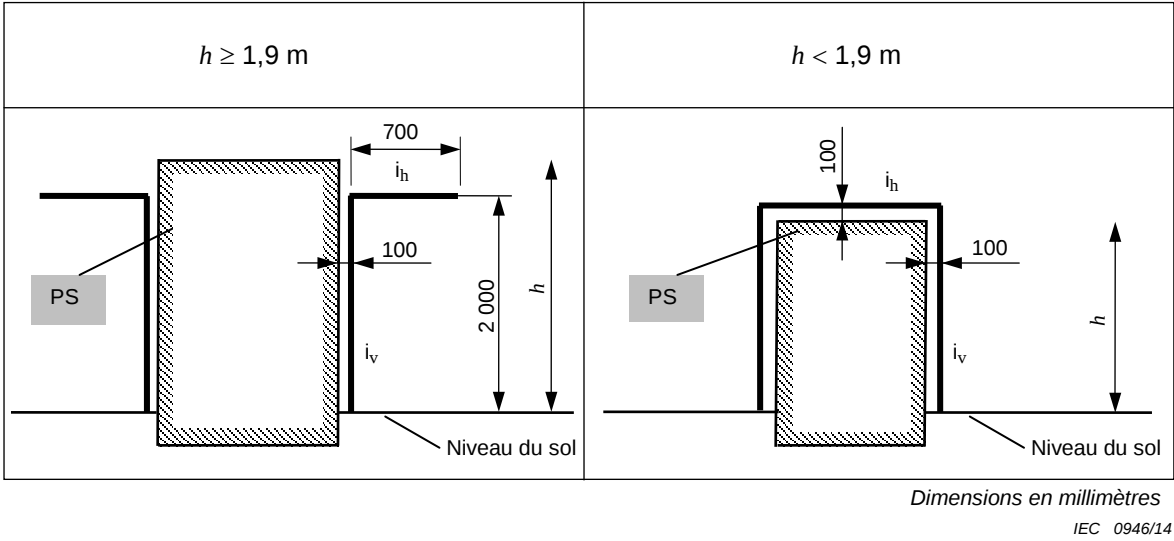
PS poste préfabriqué

h hauteur du poste préfabriqué

i_h indicateurs horizontaux

i_v indicateurs verticaux

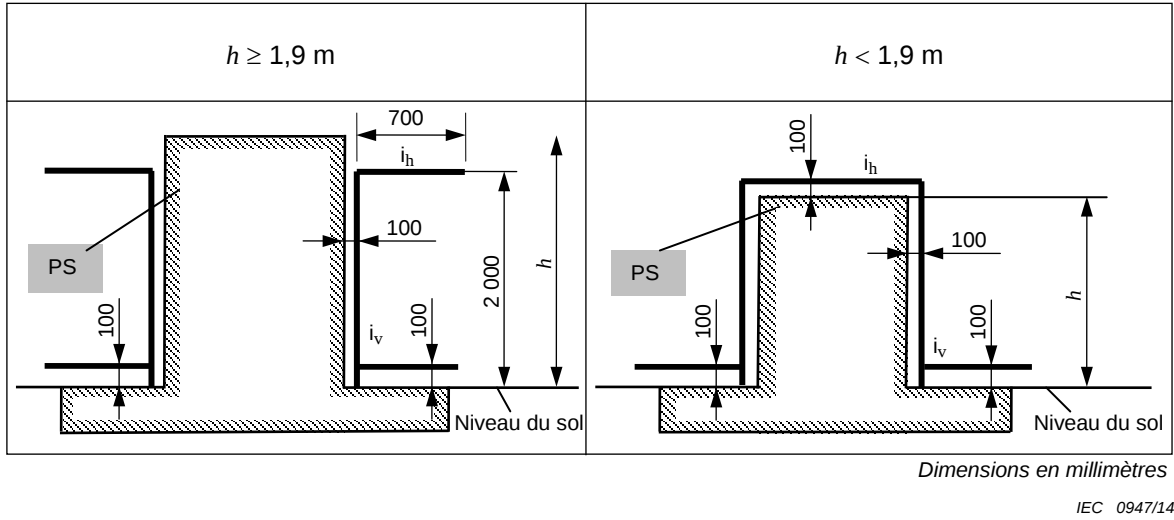
Figure AA.3d – Protection des opérateurs face au côté ouvert d'un poste manœuvré de l'extérieur, disposant d'un volume de décompression externe au-dessous du sol



Légende

- PS poste préfabriqué
- h hauteur du poste préfabriqué
- i_h indicateurs horizontaux
- i_v indicateurs verticaux

Figure AA.3e – Protection du public autour d'un poste (portes fermées)

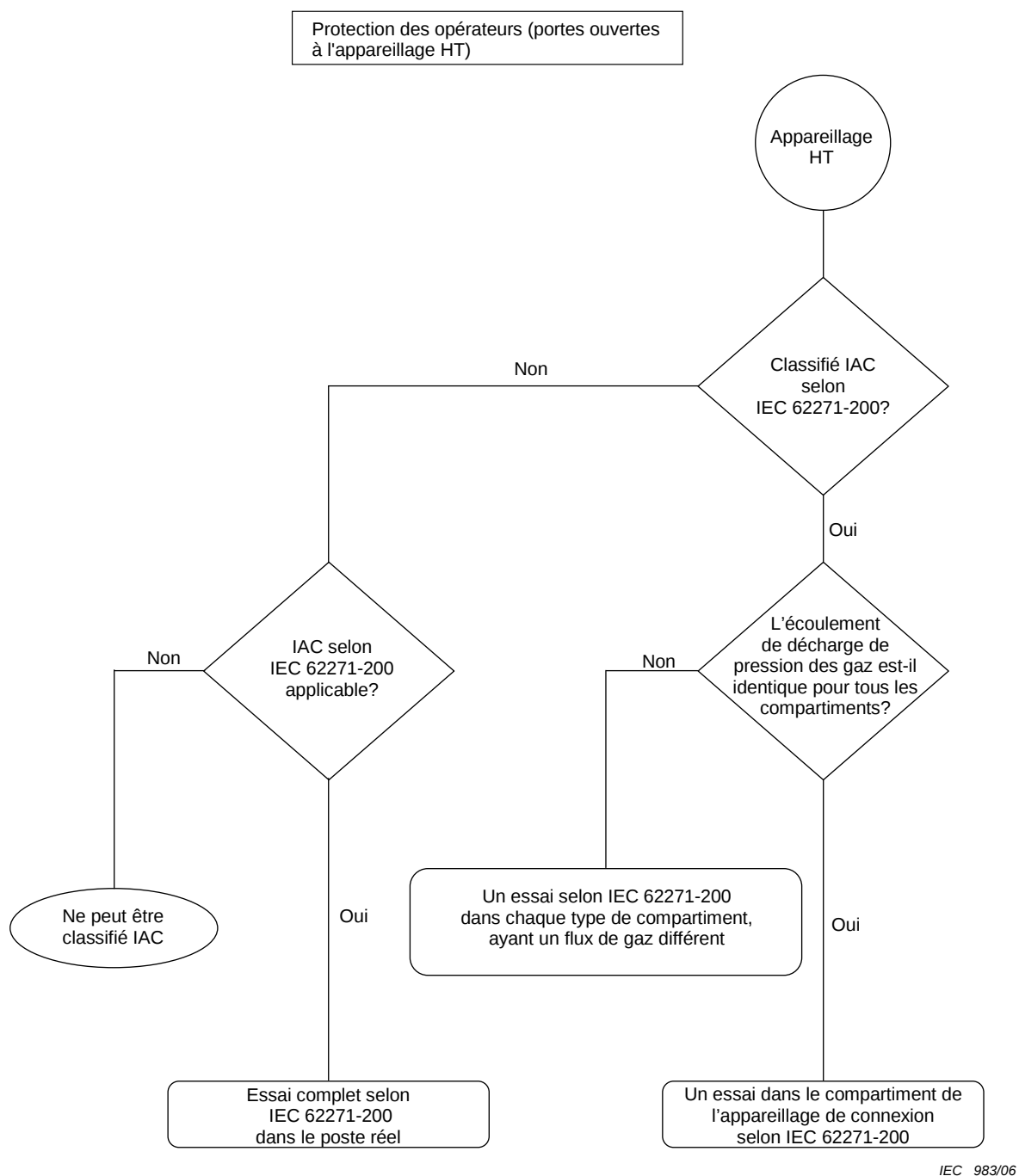


Légende

- PS poste préfabriqué
- h hauteur du poste préfabriqué
- i_h indicateurs horizontaux
- i_v indicateurs verticaux

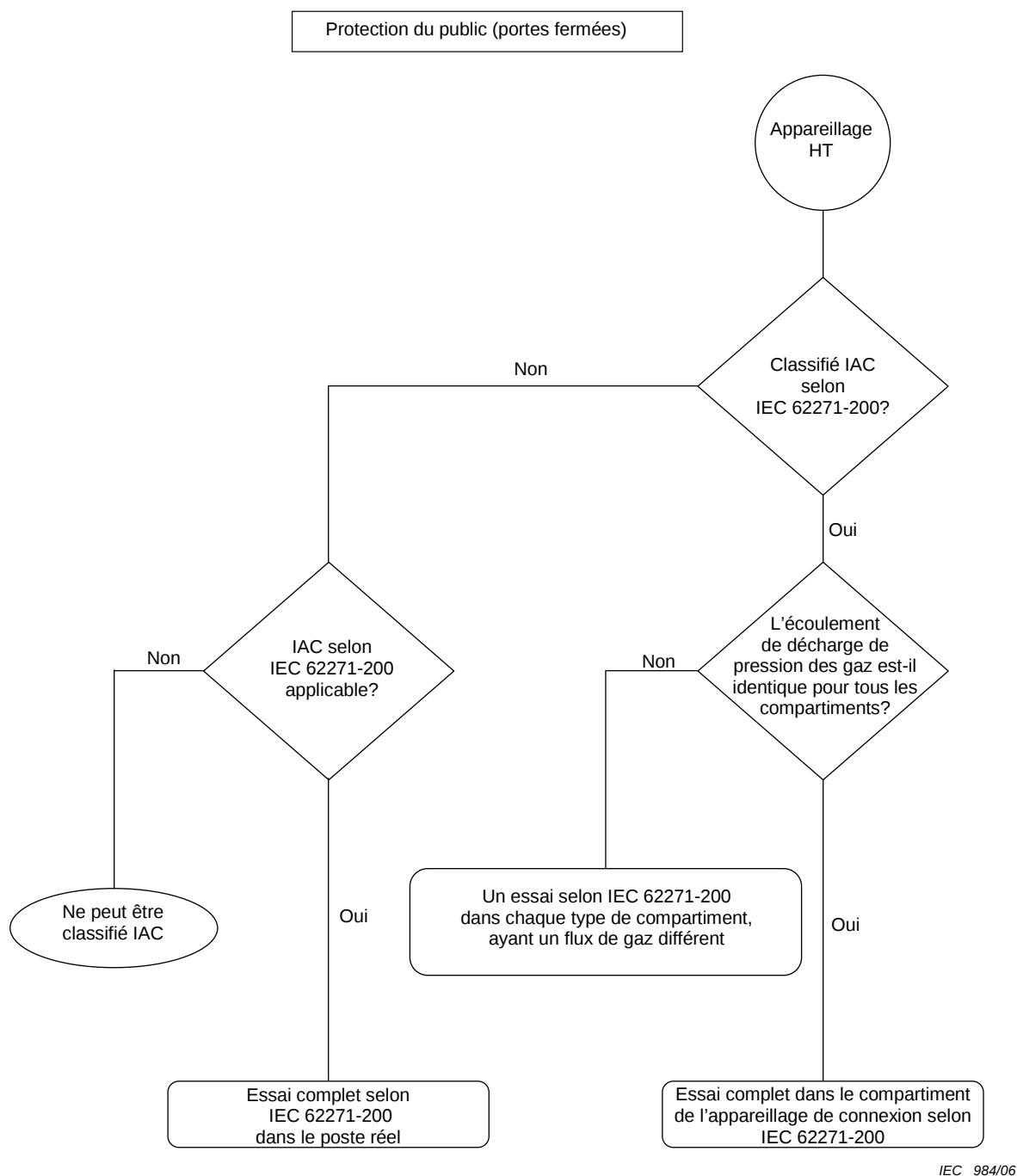
Figure AA.3f – Protection du public autour du poste (portes fermées) disposant d'un volume de décompression externe au-dessous du niveau de sol

Figure AA.3 – Disposition des indicateurs



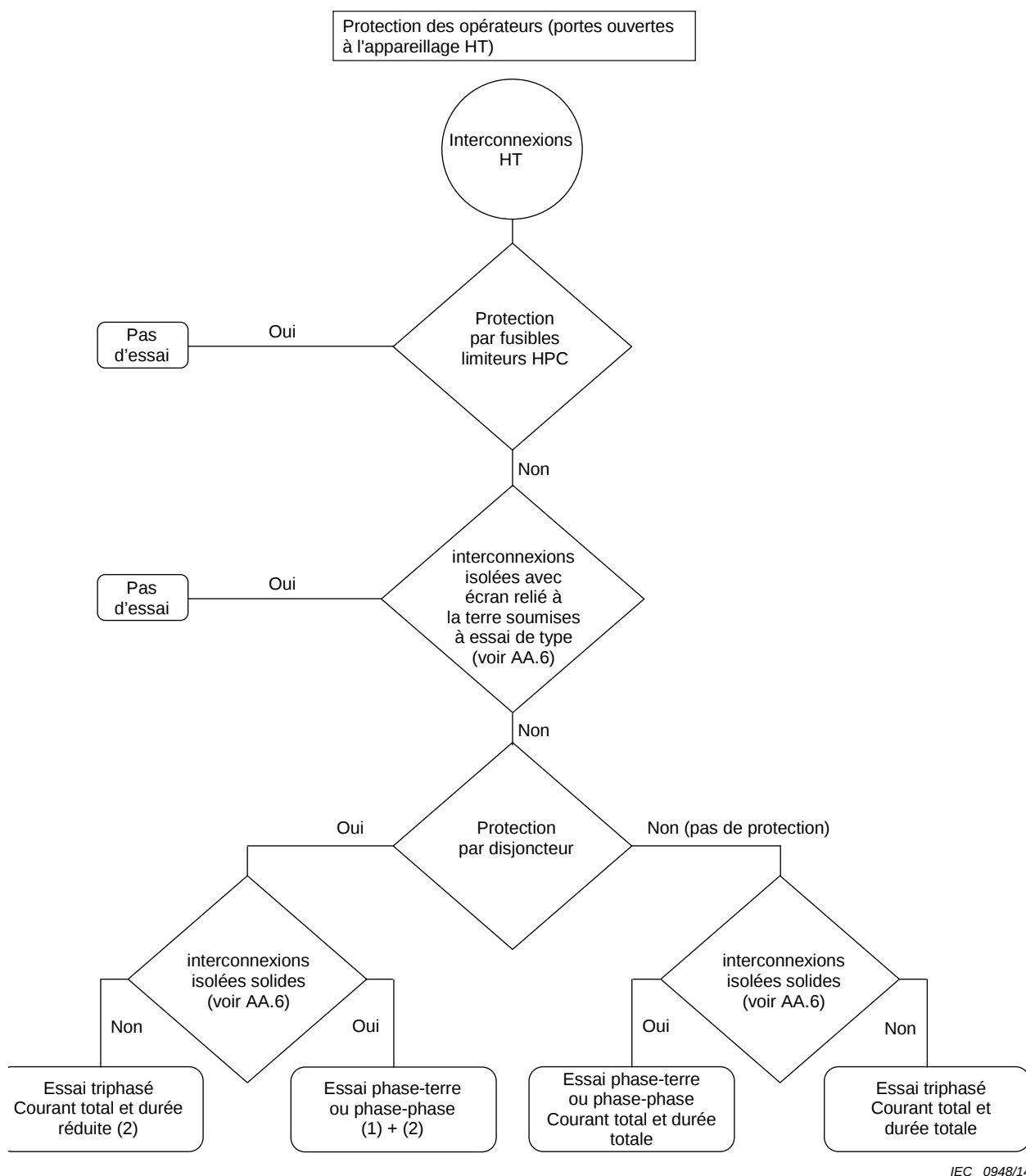
IEC 983/06

Figure AA.4 – Sélection des essais sur l'appareillage haute tension pour la classe IAC-A



IEC 984/06

Figure AA.5 – Sélection des essais sur l'appareillage haute tension pour la classe IAC-B



IEC 0948/14

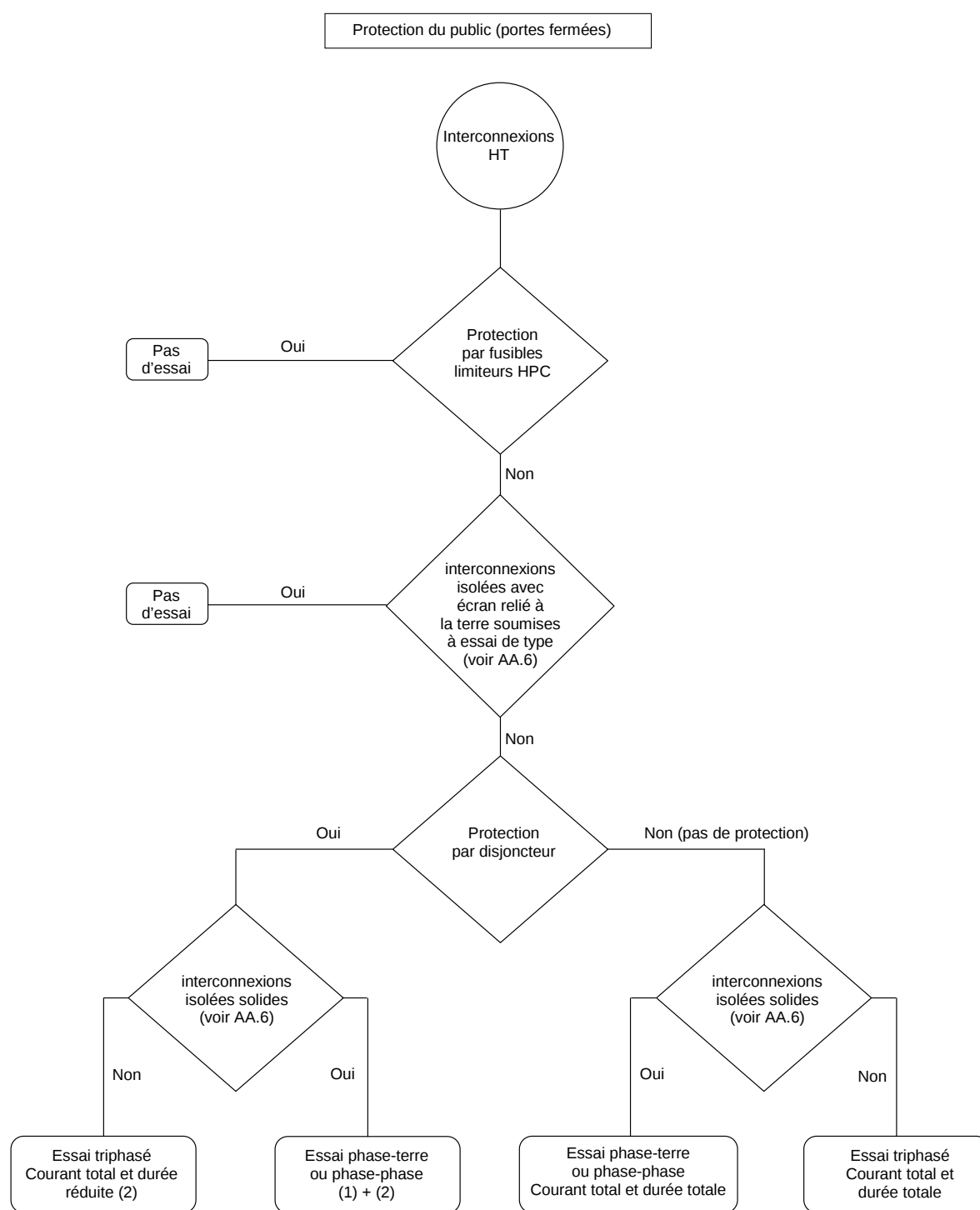
(1) IEC 62271-200:2011.

* Pour l'essai phase-terre, le constructeur est tenu de spécifier la valeur du courant.

* Pour l'essai phase-phase, le courant est 87 % du courant de courte durée assigné.

(2) La durée peut être déclarée par les constructeurs, prenant en compte le réglage en temps de la protection.

Figure AA.6 – Sélection des essais sur les interconnexions haute tension pour la classe IAC-A



IEC 0949/14

- (1) Applicabilité de l'essai phase-terre ou phase-phase selon les critères de AA.5.2.1 de l'IEC 62271-200:2011.
- * Pour l'essai phase-terre, le constructeur est tenu de spécifier la valeur du courant.
 - * Pour l'essai phase-phase, le courant est 87% du courant de courte durée assigné.
- (2) La durée peut être déclarée par le constructeur, prenant en compte le réglage en temps de la protection.

Figure AA.7 – Sélection des essais sur les interconnexions haute tension pour la classe IAC-B

Annexe BB (normative)

Essai de vérification du niveau de bruit d'un poste préfabriqué

BB.1 Objet

Cet essai est destiné à calculer la différence entre le niveau de bruit à vide d'un transformateur donné, seul (voir l'IEC 60076-10:2001) et le niveau de bruit à vide du poste préfabriqué contenant ce même transformateur.

NOTE 1 Le niveau de bruit à pleine charge peut être considéré comme une exigence particulière.

La comparaison des deux valeurs est une évaluation du comportement vis-à-vis du bruit de l'enveloppe du poste préfabriqué. Le résultat attendu est que l'enveloppe n'augmente pas le niveau de bruit du transformateur.

NOTE 2 L'enveloppe pourrait accroître le niveau de bruit du transformateur par un phénomène de résonance.

Les valeurs d'essai sont uniquement valables pour l'ensemble soumis à l'essai, à la tension et à la fréquence assignées. Si le poste à utiliser comporte des matériels ou des pièces différents, et/ou s'il est connecté à un réseau ayant une tension ou une fréquence d'alimentation différente, il est admis que le comportement de l'enveloppe soit différent.

BB.2 Echantillon d'essai

Le poste préfabriqué soumis à l'essai doit être entièrement monté, y compris tous les accessoires et équipements.

BB.3 Méthode d'essai

L'essai doit être effectué selon l'IEC 60076-10:2001. L'IEC 60076-10:2001 définit la méthode d'essai et de calcul d'un niveau de bruit pondéré A selon un contour spécifié autour du transformateur.

La même méthode doit être utilisée pour les mesures concernant le poste préfabriqué dont l'enveloppe est la limite d'émission sonore. La méthode de mesure doit être conforme à l'IEC 60076-10:2001, à l'exception de l'exigence pour l'appareil de mesure qui doit être à 1,5 m au-dessus du niveau du sol tel que défini pour le poste préfabriqué.

Les deux essais sur le transformateur seul et avec l'enveloppe, doivent être réalisés dans les mêmes conditions d'environnement, ce qui permet d'utiliser un seul facteur de correction d'environnement.

BB.4 Mesures

Les mesures doivent être effectuées conformément à l'IEC 60076-10:2001. Pour le positionnement des instruments de mesure, l'enveloppe doit être considérée comme la principale surface de rayonnement des postes préfabriqués.

BB.5 Présentation et calcul des résultats

Le niveau de bruit doit être calculé conformément à l'IEC 60076-10:2001.

Le rapport d'essai doit comprendre toutes les informations applicables, telles que spécifiées par l'IEC 60076-10:2001, pour les deux configurations: transformateur seul et poste préfabriqué entièrement monté.

De plus, pour la configuration du poste préfabriqué, les informations suivantes doivent être également fournies:

- a) principales caractéristiques de conception de l'enveloppe, des portes, des capots et des grilles de ventilation y compris les matériaux utilisés;
- b) plan coté de la disposition interne des matériels à l'intérieur de l'enveloppe, position et taille des portes et des ouvertures de ventilation ainsi que de toute autre pièce qui peut affecter de manière significative la propagation du son;
- c) les informations particulières relatives à la position du transformateur par rapport à l'enveloppe, aux portes, aux capots et aux ouvertures de ventilation doivent être fournies.

NOTE Si une mesure de bruit sur un côté quelconque du poste préfabriqué diffère de façon importante des mesures effectuées sur les autres côtés, toutes les valeurs sont enregistrées dans le rapport d'essai pour permettre à l'utilisateur de tenir compte des différences pour installer le poste préfabriqué.

Annexe CC (normative)

Essai d'impact mécanique

CC.1 Essai de contrôle de la résistance aux impacts mécaniques

Les essais doivent être effectués sur les points faibles des parties exposées de l'enveloppe du poste préfabriqué, par exemple, capots, portes et ouvertures de ventilation.

L'essai doit être effectué en utilisant la méthode d'essai décrite dans l'IEC 62262:2002. L'énergie d'impact doit être de 20 J. Pour les surfaces horizontales, un tube placé verticalement peut être utilisé pour guider la pièce de frappe.

Si une variation de la température dans les limites des conditions de service normales affecte de manière significative la résistance aux impacts mécaniques du matériau utilisé pour une partie de l'enveloppe, par exemple, un matériau synthétique, un essai d'impact doit être effectué sur ces parties lorsqu'elles sont à la température minimale de service.

Pendant l'essai, l'enveloppe doit être montée conformément aux instructions d'utilisation du constructeur.

Le nombre maximal d'impacts doit être de cinq sur chaque côté vertical ou sur le toit du poste préfabriqué. Un seul impact doit être appliqué au même point.

Les résultats suivants doivent être obtenus pour que l'essai soit satisfaisant:

- le degré de protection de l'enveloppe doit être maintenu;
- le fonctionnement des moyens de commande, des poignées, etc. ne doit pas être affecté;
- les dommages subis par l'enveloppe ou les déformations ne doivent ni affecter l'utilisation ultérieure de l'équipement, ni réduire sa tenue diélectrique (ou ses lignes de fuite, ou sa distance d'isolement) conformément aux valeurs spécifiées;
- des dommages superficiels, par exemple, arrachement de la peinture et léger enfoncement, sont acceptables.

CC.2 Appareil de contrôle de la protection contre les dommages mécaniques

L'appareil d'essai consiste essentiellement en un pendule pivotant à son extrémité supérieure de façon à ne se mouvoir que dans un plan vertical. L'axe du pivot est à 1 000 mm au-dessus du point de mesure et la pièce de frappe doit être conforme aux exigences de la Figure CC.1.

Le rapport de la masse du bras à la masse combinée de la pièce de frappe ne doit pas être supérieur à 0,2 et le centre de gravité de la pièce de frappe doit être sur l'axe du bras.

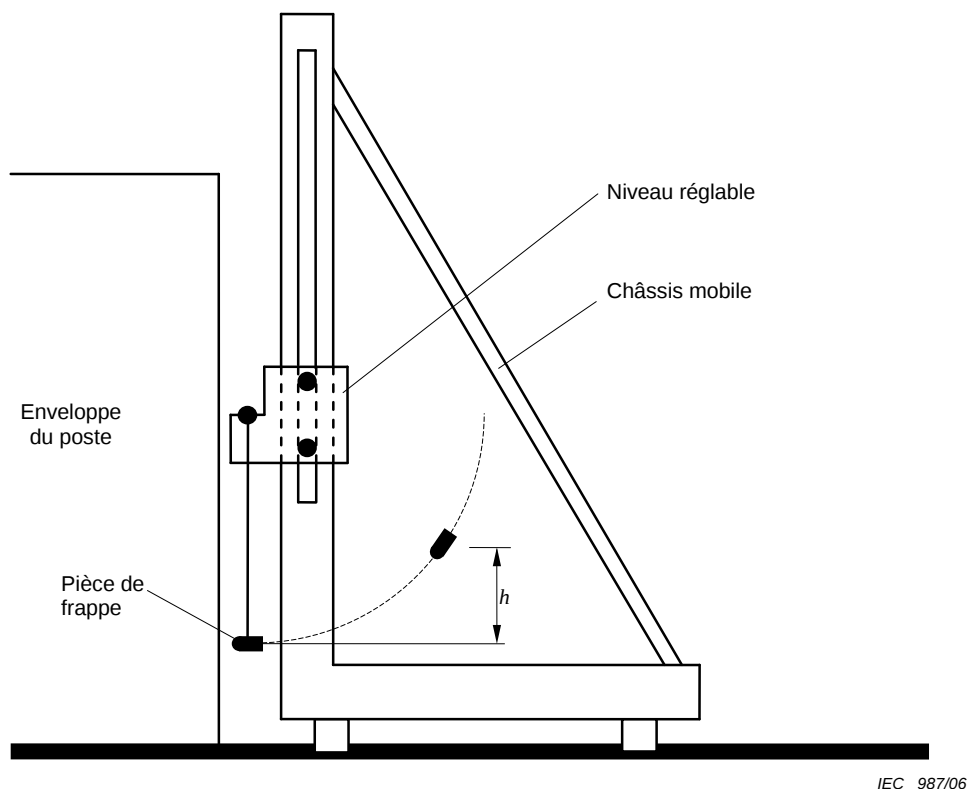
La distance entre l'extrémité de la pièce de frappe et le point de mesure doit être de 60 mm ± 20 mm.

Afin d'éviter les impacts secondaires, c'est-à-dire les rebonds, le marteau pendulaire doit être retenu après l'impact initial en saisissant la pièce de frappe, et non le bras, afin d'éviter sa déformation.

L'insert de la pièce de frappe doit être examiné visuellement avant chaque impact dans le but de s'assurer qu'il n'a subi aucun dommage susceptible de fausser le résultat de l'essai.

Les impacts auxquels l'équipement est soumis sont définis par la masse du marteau et la hauteur de chute, c'est-à-dire la distance, mesurée verticalement, entre la pièce de frappe en position soulevée et le point d'impact.

Le marteau doit avoir une masse équivalente de 5 kg et la hauteur de chute doit être de 0,4 m, ce qui donne une énergie d'impact de 20 J.



où

énergie d'impact = 20 J;

masse équivalente = 5 kg $\pm$ 5 %;

tête de la pièce de frappe: conforme à l'IEC 62262:2002;

matériaux de la pièce: FE 490-2, conforme à l'ISO 1052:1982, dureté Rockwell HRE 80...85 selon ISO 6508-1:2005;

hauteur nominale de chute = 400 mm $\pm$ 1 %.

Figure CC.1 – Appareil d'essai d'impact

Annexe DD (informative)

Caractéristique assignée des transformateurs dans les enveloppes

DD.1 Généralités

Conformément à l'IEC 60076-2:2011 et à l'IEC 60076-11:2004, la puissance assignée d'un transformateur se rapporte à une température annuelle moyenne de 20 °C. Cela explique la marge de 20 K par rapport à la température ambiante maximale admissible de 40 °C. Des températures annuelles et classes d'enveloppe de poste différentes donnent des facteurs de charge différents, qui peuvent être extraits des Figures DD.1 à DD.9.

Le transformateur correspondant à la puissance maximale assignée du poste préfabriqué peut avoir des charges différentes pour différentes classes d'enveloppe et différentes températures ambiantes. Cette annexe fournit une méthode permettant de définir le facteur de charge de transformateurs de type immergé ou de type sec.

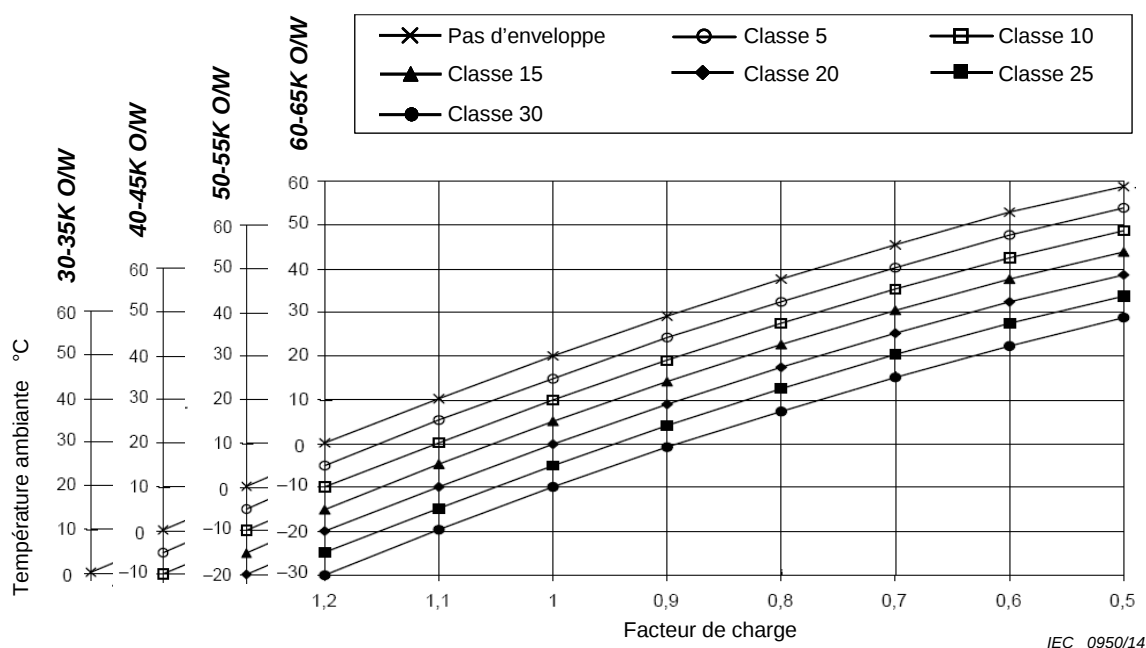
Il convient que la température de point chaud maximale du transformateur soit maintenue indépendamment de l'enveloppe et en conséquence il est nécessaire de déclasser le transformateur pour garantir que cette température maximale de point chaud n'est pas dépassée. Pour les transformateurs immergés, la température de point chaud maximale est donnée dans l'IEC 60076-7, et pour les transformateurs de type sec dans l'IEC 60076-12:2008, et elle dépend de la classe de température des matériaux isolants.

NOTE Un seul ensemble de courbes est fourni pour des rapports pertes à vide/pertes en charge parce qu'il n'existe aucune erreur mesurable due à l'utilisation d'une seule courbe. Les courbes sont valides pour des rapports compris entre 1:2 et 1:12.

DD.2 Transformateur immergé

Il convient que les courbes de la Figure DD.1 soient utilisées comme suit:

- a) choisir la ligne correspondant à la classe d'enveloppe;
- b) choisir la température ambiante moyenne sur une période donnée pour le site du poste, sur l'axe vertical;
- c) l'intersection entre la ligne de classe d'enveloppe et la ligne de température ambiante donne le facteur de charge du transformateur autorisé, correspondant à la limite maximale d'échauffement de l'huile du transformateur en dehors de l'enveloppe.



O/W= limite maximale d'échauffement de l'huile/enroulement

Figure DD.1 – Facteur de charge d'un transformateur immergé dans une enveloppe

DD.3 Transformateur de type sec

La Figure DD.2 montre le facteur de charge des transformateurs de type sec à l'extérieur de l'enveloppe selon leur température du système d'isolation électrique du transformateur (se référer au Tableau 2 de l'IEC 60076-11:2004).

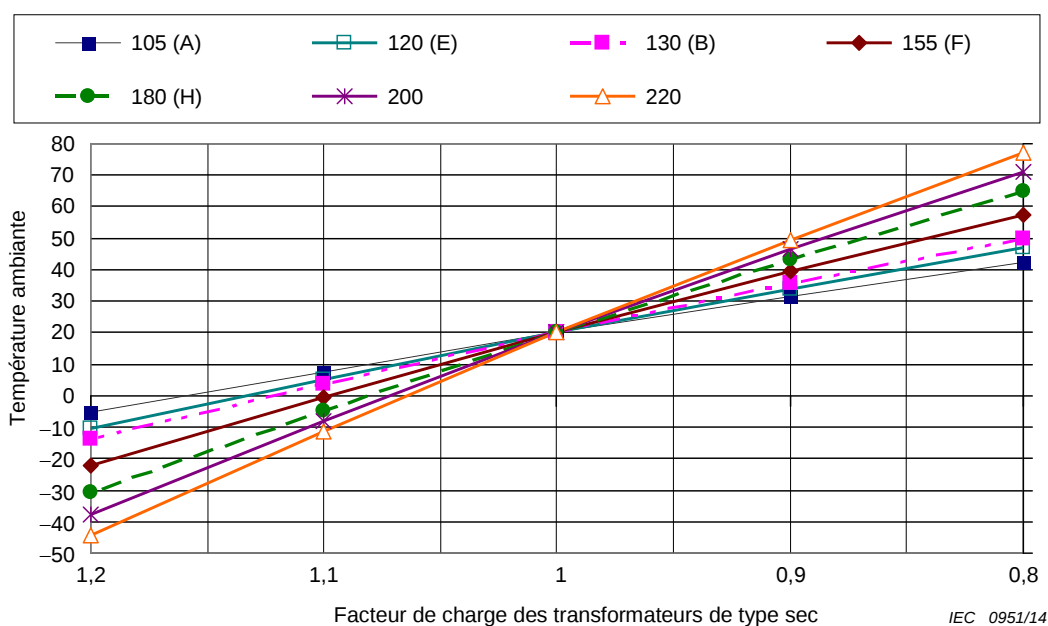


Figure DD.2 – Facteur de charge d'un transformateur de type sec à l'extérieur de l'enveloppe

Les Figures de DD.3 à DD.9 présentent le facteur de charge d'un transformateur de type sec selon la classe de l'enveloppe et selon le système d'isolation du transformateur,

respectivement DD.3.(105 °C) / DD.4 (120 °C) / DD.5 (130 °C) / DD6 (155 °C) / DD7 (180 °C) / DD8 (200 °C) / DD9 (220 °C).

Il convient que les courbes des Figures DD.3 à DD.9 soient utilisées comme suit:

- choisir la ligne correspondant à la classe d'enveloppe sur la figure de droite en fonction de la température du système d'isolation du transformateur;
- choisir la température ambiante moyenne sur une période donnée pour le site du poste, sur l'axe vertical;
- l'intersection entre la ligne de classe d'enveloppe et la ligne de température ambiante donne le facteur de charge du transformateur admis pour chaque température de système d'isolation.

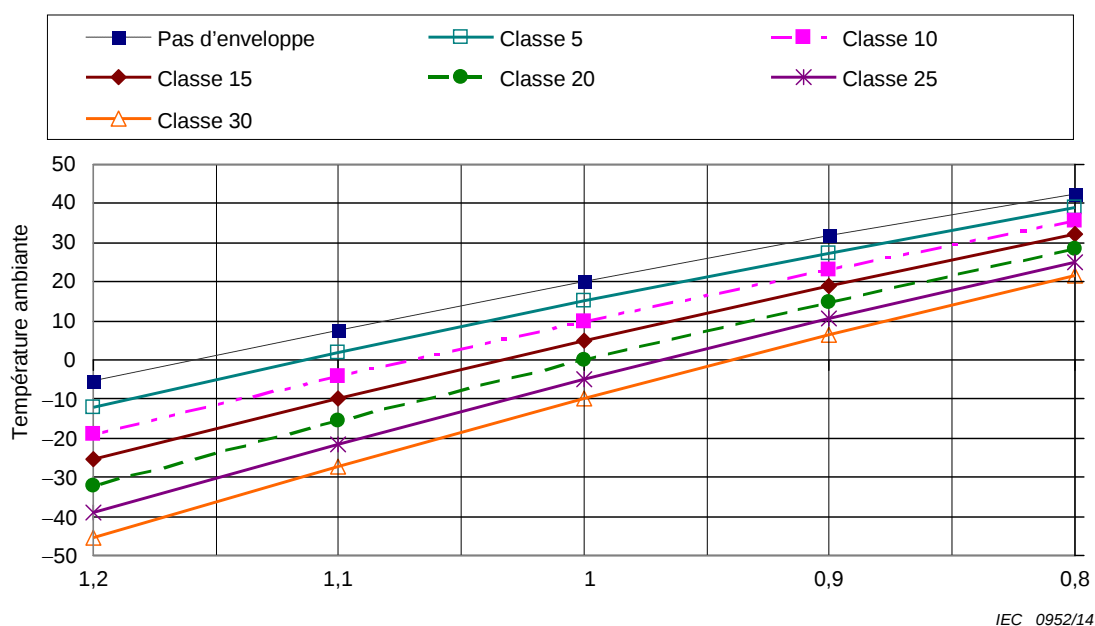


Figure DD.3 – Facteur de charge de transformateur de type sec de classe d'isolation de 105 °C (A) dans une enveloppe

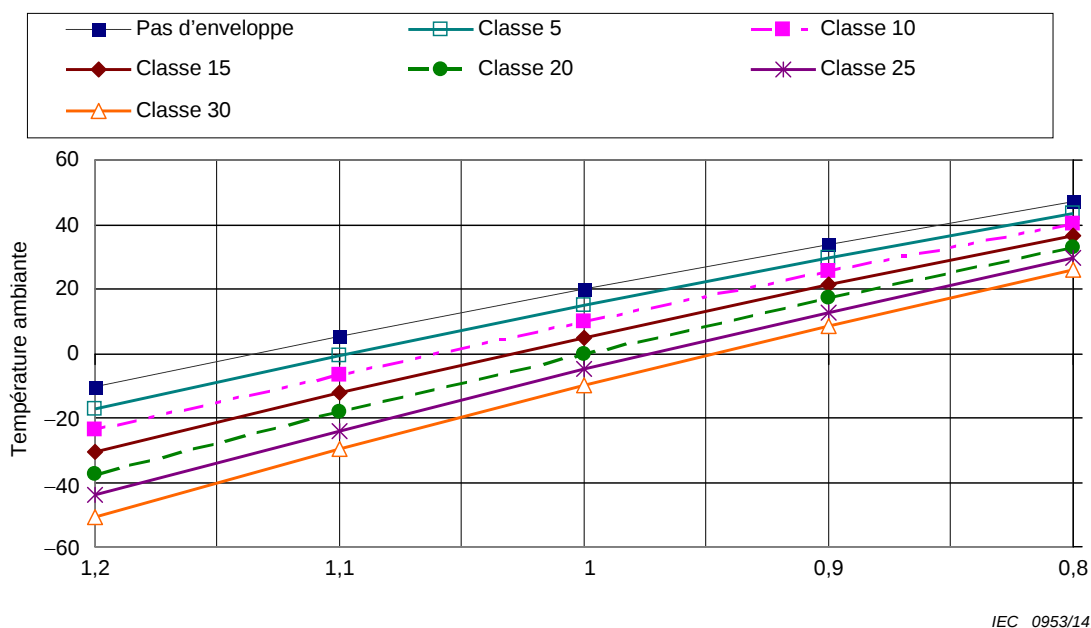


Figure DD.4 – Facteur de charge de transformateur de type sec de classe d'isolation de 120 °C (E) dans une enveloppe

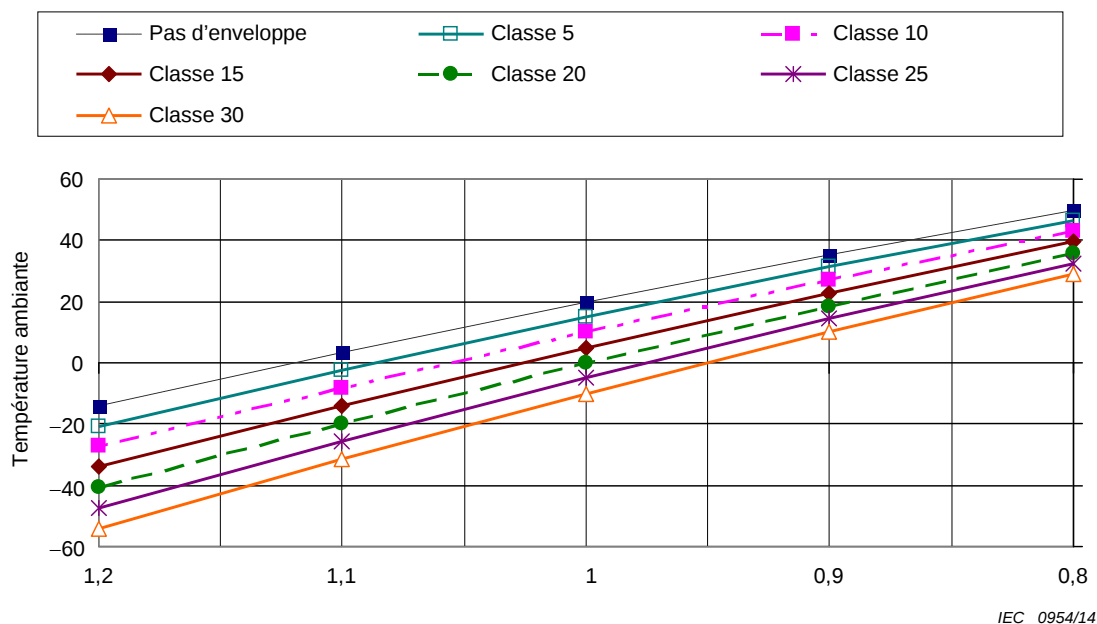


Figure DD.5 – Facteur de charge de transformateur de type sec de classe d'isolation de 130 °C (B) dans une enveloppe

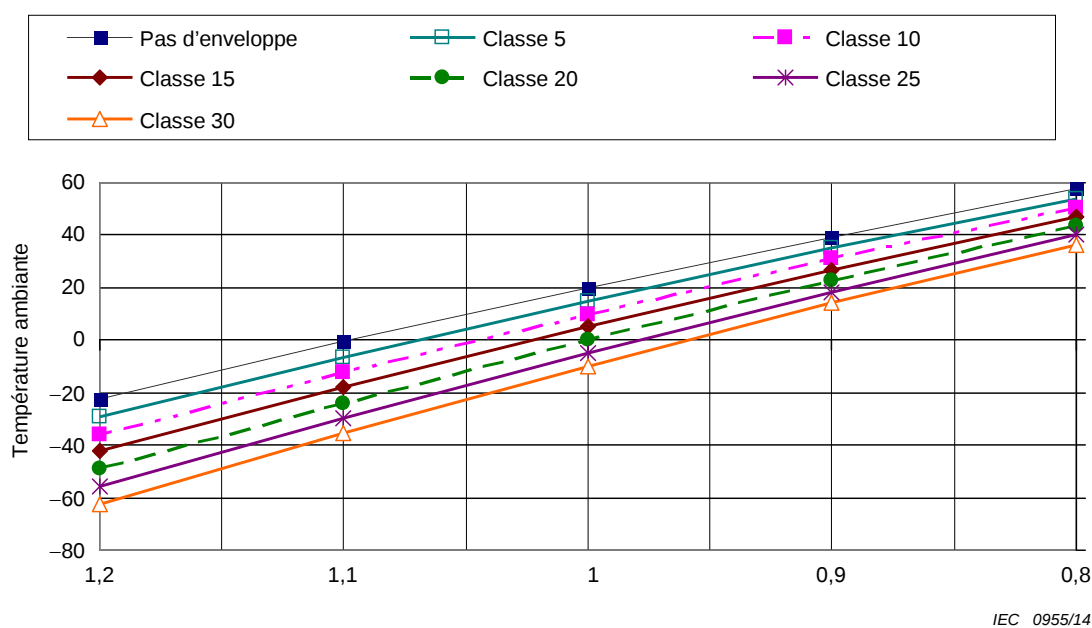


Figure DD.6 – Facteur de charge de transformateur de type sec de classe d'isolation de 155 °C (F) dans une enveloppe

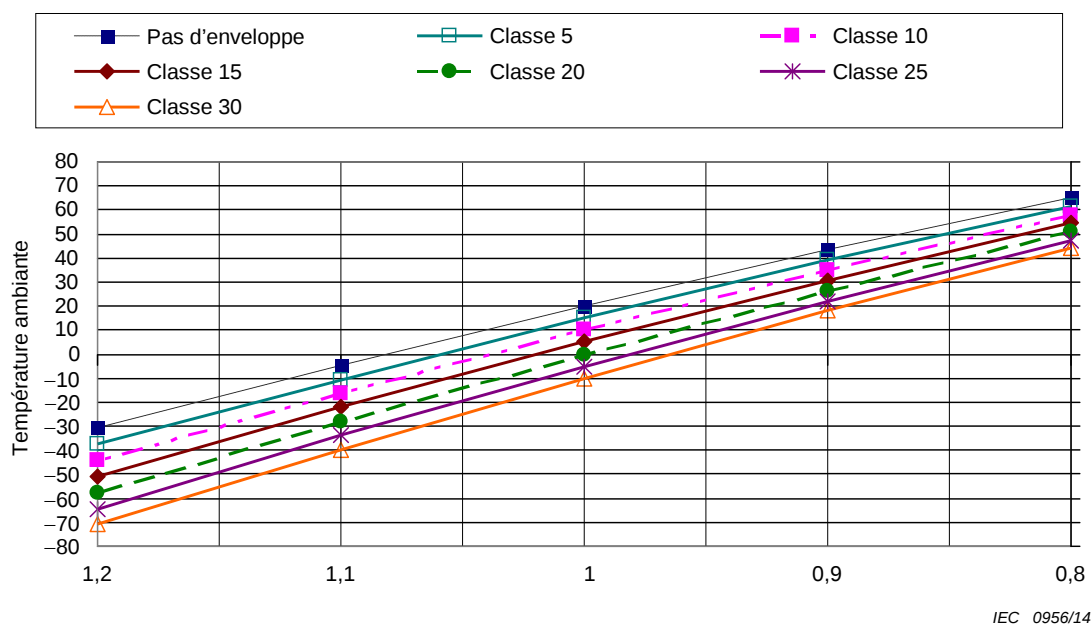


Figure DD.7 – Facteur de charge de transformateur de type sec de classe d'isolation de 180 °C (H) dans une enveloppe

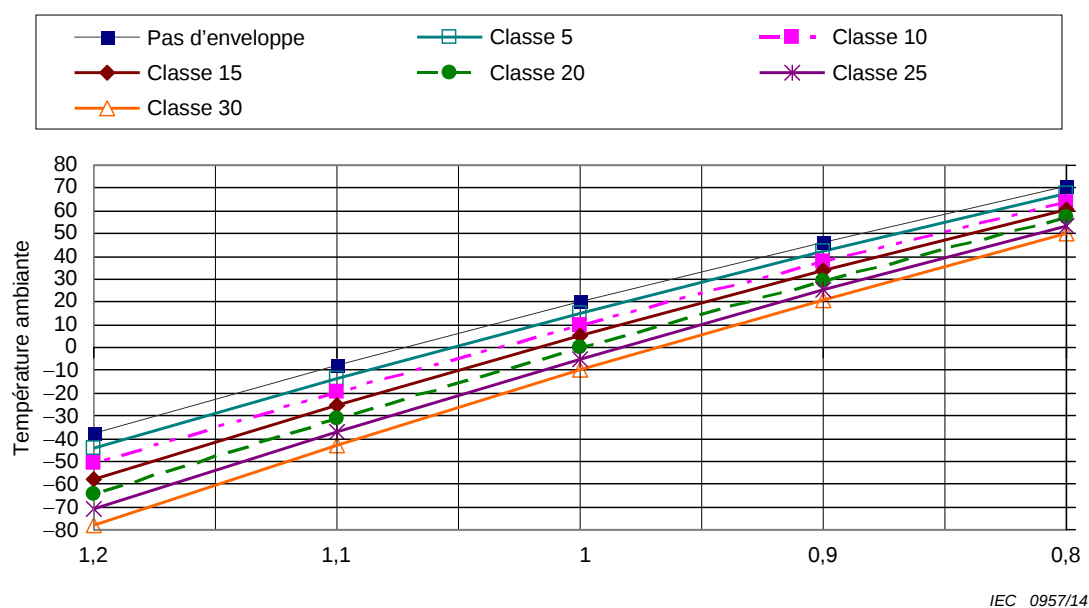


Figure DD.8 – Facteur de charge de transformateur de type sec de classe d'isolation de 200 °C (H) dans une enveloppe

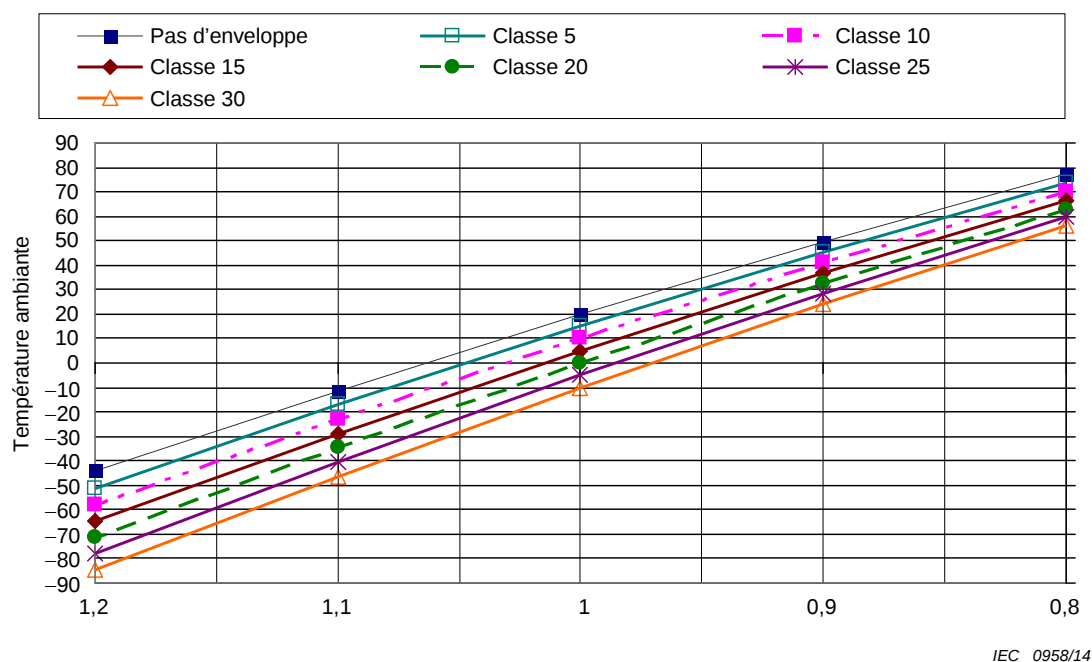


Figure DD.9 – Facteur de charge de transformateur de type sec de classe d'isolation de 220 °C (H) dans une enveloppe

DD.4 Exemple

Hypothèse:

Situation avec une température ambiante moyenne annuelle de 10 °C:

- la température ambiante moyenne durant l'hiver est de 0 °C;
- la température ambiante moyenne durant l'été est de 20 °C;
- la charge moyenne annuelle requise est de 900 kVA;
- la charge moyenne nécessaire durant l'hiver est de 1 000 kVA;
- la charge moyenne nécessaire durant l'été est de 600 kVA;
- échauffements de transformateur 60 K à 65 K respectivement pour l'huile et les enroulements.

Question 1

Quelle est la classe d'enveloppe assignée requise pour un transformateur de 1 000 kVA ayant des pertes totales de 12 kW qui n'excédera pas la température maximale de point chaud et la température maximale du fluide au point haut dans le cas d'un transformateur immergé aux échauffements d'huile et d'enroulements de 60 K à 65 K ?

Réponse:

- pour une température ambiante moyenne annuelle de 10 °C et un facteur de charge de 0,9, la Figure DD.1 recommande une classe d'enveloppe 20;
- pour une température ambiante moyenne hivernale de 0 °C et un facteur de charge de 1,0, la Figure DD.1 recommande une classe d'enveloppe 20;
- pour une température ambiante moyenne estivale de 20 °C et un facteur de charge de 0,6, la Figure DD.1 recommande une classe d'enveloppe 30.

Conclusion

Seules les classes 20, 15, 10 et 5 peuvent être choisies pour un transformateur de puissance maximale 1 000 kVA et de pertes maximales de 12 kW.

Question 2

Avec les mêmes hypothèses indiquées ci-dessus, mais avec une classe d'enveloppe 30, quels sont les facteurs de charge admissibles pour le transformateur ?

Réponse:

- pour une température ambiante moyenne annuelle de 10 °C et une classe d'enveloppe 30, la Figure DD.1 donne un facteur de charge maximal de 0,77;
- pour une température ambiante moyenne hivernale de 0 °C et une classe d'enveloppe 30, la Figure DD.1 donne un facteur de charge maximal de 0,89;
- pour une température ambiante moyenne estivale de 20 °C et une classe d'enveloppe 30, la Figure DD.1 donne un facteur de charge maximal de 0,64.

Conclusion

Si la classe d'enveloppe 30 est choisie, il est nécessaire de limiter la charge du transformateur, excepté durant l'été.

Question 3

Avec les mêmes hypothèses indiquées ci-dessus, mais avec une classe d'enveloppe 30, quels échauffements de transformateur ne limitent pas les facteurs de charge admissibles pour le transformateur ?

Réponse:

- pour une température ambiante moyenne annuelle de 10 °C, une classe d'enveloppe 30 et des échauffements de transformateur de 50 K à 55 K, la Figure DD.1 donne un facteur de charge maximal de 0,9;
- pour une température ambiante moyenne hivernale de 0 °C, une classe d'enveloppe 30 et les mêmes échauffements de transformateur, la Figure DD.1 donne un facteur de charge maximal de 1,0;
- pour une température ambiante moyenne estivale de 20 °C et une classe d'enveloppe 30, la Figure DD.1 donne un facteur de charge maximal de 0,776 4.

Conclusion

Si les échauffements du transformateur sont 50 K à 55 K, aucune limitation du facteur de charge n'est nécessaire avec une classe d'enveloppe de 30.

Question 4

Avec les mêmes hypothèses indiquées ci-dessus, mais avec un transformateur de type sec et une classe d'enveloppe de 20 K, quelle serait la classe d'isolation du transformateur de type sec pour l'utiliser aux mêmes plages de températures et de facteurs de charge.

Réponse:

- pour une température ambiante moyenne annuelle de 10 °C, une enveloppe de classe 20 et un transformateur de type sec de classe d'isolation 105 °C, la Figure DD.5 donne un facteur de charge maximum de 0,93 > 0,9;
- pour une température ambiante moyenne hivernale de 0 °C, une enveloppe de classe 20 et un transformateur de type sec de classe d'isolation 105 °C, la Figure DD.5 donne un facteur de charge maximal de 1;
- pour une température ambiante moyenne estivale de 20 °C, une enveloppe de classe 20 et un transformateur de type sec de classe d'isolation 105 °C, la Figure DD.5 donne un facteur de charge maximal de 0,87 > 0,6.

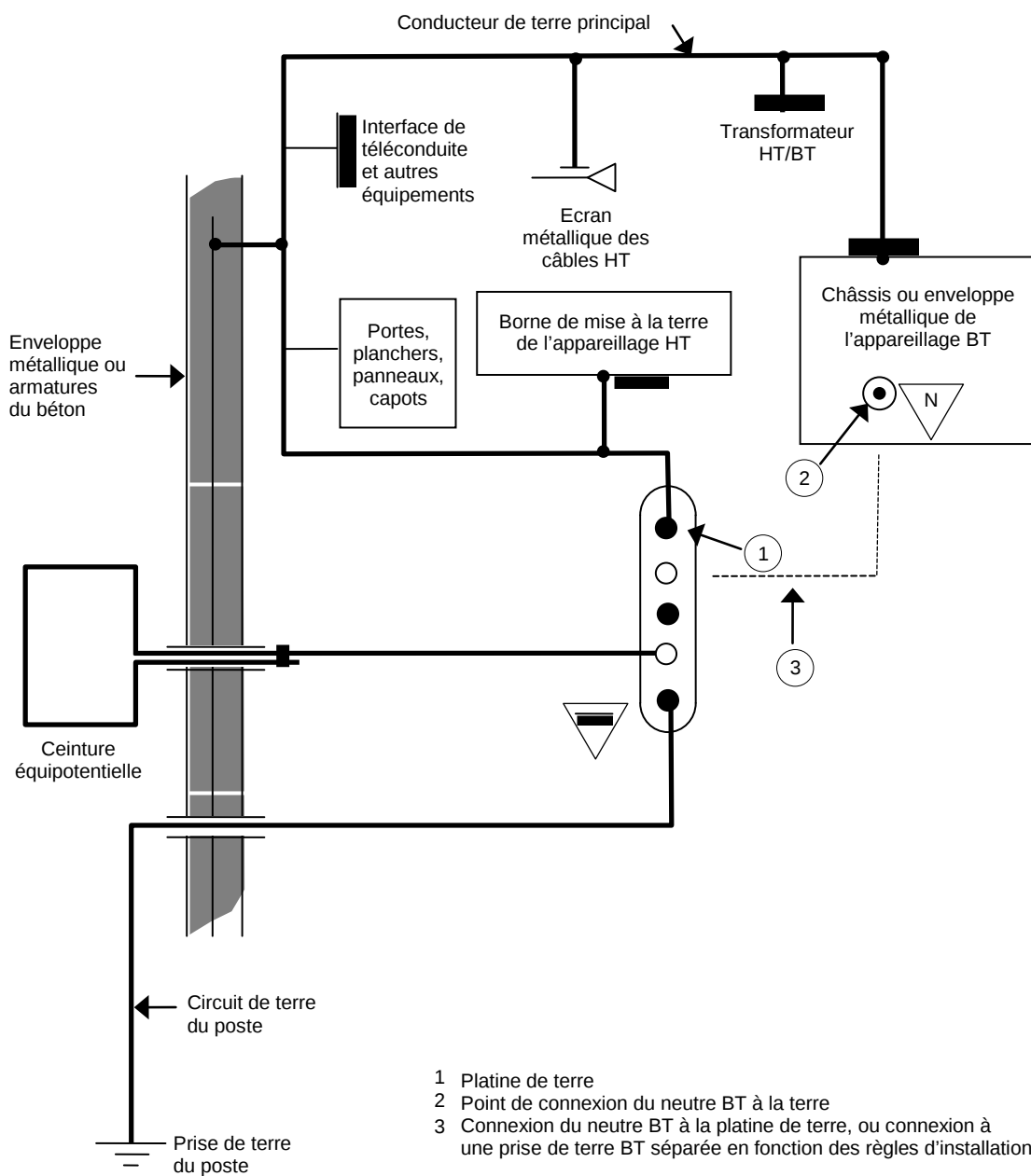
Conclusion

- Un transformateur de type sec, de classe d'isolation de 105 °C et de classe d'enveloppe de 20 K peut être utilisé comme un transformateur de type à huile à 50 K à 55 K avec une enveloppe de classe 30 K.

Annexe EE (informative)

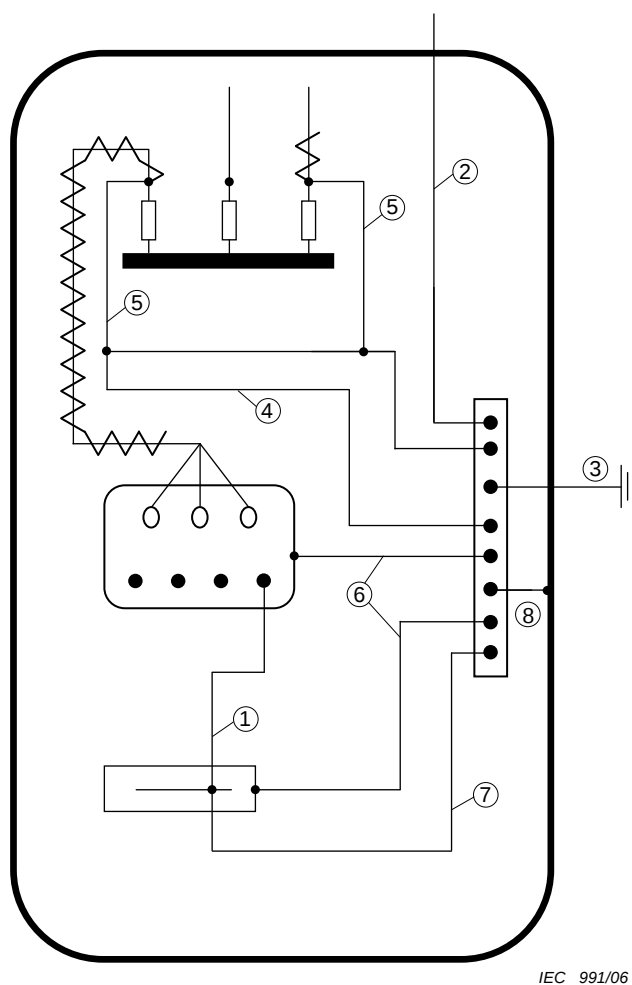
Exemples de circuits de mise à la terre

Des exemples de circuits de mise à la terre sont montrés aux Figures EE.1, EE.2 et EE.3.



IEC 990/06

Figure EE.1 – Exemple de circuits de terre

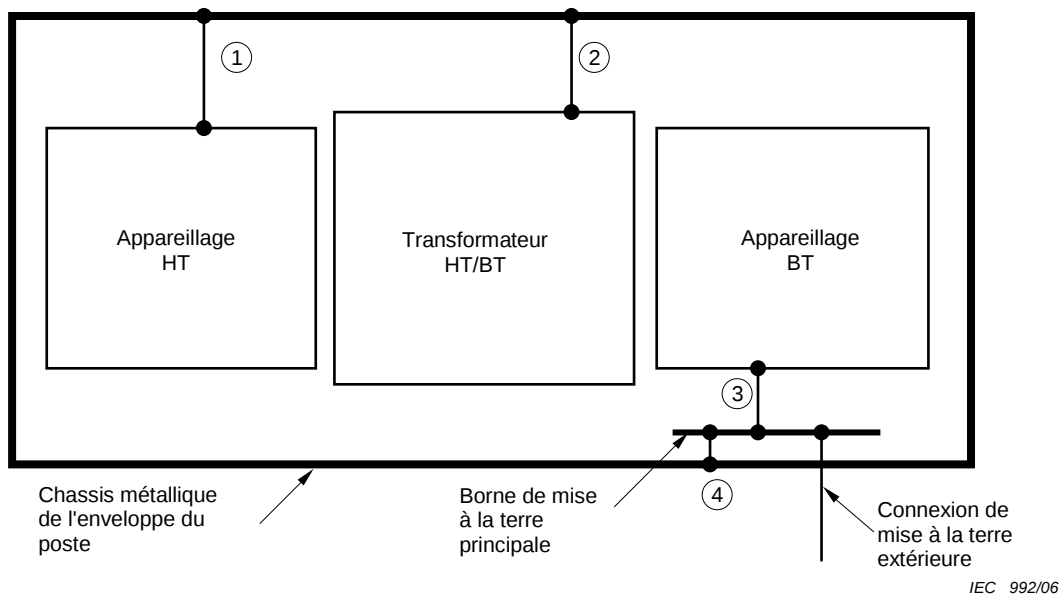


IEC 991/06

Légende

- 1 Conducteur neutre basse tension
- 2 Mise à la terre du poste additionnelle (selon les caractéristiques du sol)
- 3 Mise à la terre externe
- 4 Mise à la terre de l'appareillage HT
- 5 Mise à la terre de l'écran des câbles HT
- 6 Mise à la terre du transformateur et du châssis BT
- 7 Mise à la terre du circuit principal neutre basse tension
- 8 Mise à la terre de l'enveloppe

Figure EE.2 – Exemple de circuits de mise à la terre



Légende

- 1 Connexion de mise à la terre de l'appareillage haute tension au châssis métallique
- 2 Connexion de mise à la terre de la cuve du transformateur au châssis métallique
- 3 Connexion de mise à la terre de l'appareillage basse tension au châssis métallique
- 4 Connexion de mise à la terre de la borne de mise à la terre principale au châssis métallique

Figure EE.3 – Exemple de circuit de mise à la terre avec le châssis servant de conducteur principal de terre

Annexe FF (informative)

Caractéristiques des matériaux de l'enveloppe

FF.1 Métaux

FF.1.1 Revêtements

Un nombre croissant de revêtements est disponible. Le Tableau FF.1 énumère quelques exemples de revêtements recommandés.

Tableau FF.1 – Traitement des revêtements

Traitement	Normes	Substrat	
		Acier	Aluminium
Galvanisation à chaud	ISO 1460, <i>Revêtements métalliques – Revêtements de galvanisation à chaud sur métaux ferreux – Détermination gravimétrique de la masse par unité de surface</i> ISO 1461, <i>Revêtements par galvanisation à chaud sur produits en fonte et en acier – Spécifications et méthodes d'essai</i>	X	
Dépôts électrolytiques de zinc	ISO 2081, <i>Revêtements métalliques et autres revêtements inorganiques – Dépôts électrolytiques de zinc avec traitements supplémentaires sur fer ou acier</i> □	X	
Couches de conversion chimique	ISO 11408, <i>Couches de conversion chimique – Finition noire de la fonte et de l'acier – Spécifications et méthodes d'essai</i> ISO 10546, <i>Couches de conversion chimique – Couches de conversion au chromate rincées et non rincées sur aluminium et alliages d'aluminium</i>	X	X

FF.1.2 Peintures

Le Tableau FF.2 énumère quelques normes qui peuvent être appliquées aux essais des peintures.

Tableau FF.2 – Essais des revêtements

Essais	Normes
Adhérence	ISO 2409, <i>Peintures et vernis – Essai de quadrillage</i>
Brouillard salin	ISO 9227, <i>Essais de corrosion en atmosphères artificielles – Essais aux brouillards salins</i>
Vieillessement artificiel	ISO 11997 (toutes les parties), <i>Peintures et vernis – Détermination de la résistance aux conditions de corrosion cyclique</i>
Abrasion	ISO 7784 (toutes les parties), <i>Peintures et vernis – Détermination de la résistance à l'abrasion</i>
Corrosion	ISO 12944 (toutes les parties), <i>Peintures et vernis – Anticorrosion des structures en acier par systèmes de peinture</i>

FF.2 Béton

La corrosion peut apparaître aussi bien sur le béton que sur l'acier d'un béton armé. En conséquence, il convient que les principaux facteurs ayant un effet sur la corrosion énumérés en 5.104.3 soient pris en compte.

Il convient de prendre en compte les valeurs limites de certaines caractéristiques du béton, par exemple le ratio maximum eau-ciment, la valeur minimale de résistance, la quantité minimale de ciment et le recouvrement minimal des armatures du béton armé.

Le Tableau FF.3 énumère quelques normes qui peuvent être appliquées pour vérifier les caractéristiques du béton.

Tableau FF.3 – Essai du béton

Essais	Normes
Résistance à la compression	ISO 1920-4, <i>Essais du béton – Partie 4: Résistance du béton durci</i>
Résistance à l'écaillage des surfaces soumises à des agents chimiques dégivrants	ISO/DIS 4846, <i>Béton – Détermination de la résistance à l'écaillage des surfaces soumises à des agents chimiques dégivrants</i> (supprimé)
Densité/porosité	ISO/DIS 1920-2, <i>Essais du béton – Partie 2: Caractéristiques du béton frais</i>
spécification, performance, production et conformité	EN 206-1, <i>Béton – Partie 1: spécification, performance, production et conformité</i> ASTM C94/C 94M, <i>Spécification pour béton prêt à l'emploi</i>

Les peintures ou les revêtements peuvent améliorer la résistance à la corrosion et les propriétés du produit.

Bibliographie

IEC 60050-441:1984, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 441: Appareillage et fusibles*

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

IEC 60059:1999, *Caractéristiques des courants normaux de la CEI*

IEC 60068 (toutes les parties), *Essais d'environnement*

IEC 60068-1:2013, *Essais d'environnement – Partie 1: Généralités et lignes directrices*

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

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

IEC 60724:2000, *Limites de température de court-circuit des câbles électriques de tensions assignées de 1 kV ($U_m = 1,2$ kV) et 3 kV ($U_m = 3,6$ kV)*
Amendement 1:2008

IEC/TR 61641:2008, *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/TS 62271-304:2008, *Appareillage à haute tension – Partie 304: Classes de construction pour l'appareillage d'intérieur sous enveloppe pour tensions assignées à partir de 1 kV jusqu'à 52 kV inclus pour usage sous conditions climatiques sévères*

IEC/TR 62655:2013, *Guide explicatif et d'application pour les fusibles à haute tension*

Guide IEC 117:2010, *Electrotechnical equipment – Temperatures of touchable hot surfaces* (disponible en anglais seulement)

ISO 1460, *Revêtements métalliques – Revêtements de galvanisation à chaud sur métaux ferreux – Détermination gravimétrique de la masse par unité de surface*

ISO 1461, *Revêtements par galvanisation à chaud sur produits en fonte et en acier – Spécifications et méthodes d'essai*

ISO/DIS 1920-2, *Essais du béton – Partie 2: Caractéristiques du béton frais*

ISO 1920-4, *Essais du béton – Partie 4: Résistance du béton durci*

ISO 2081, *Revêtements métalliques et autres revêtements inorganiques – Dépôts électrolytiques de zinc avec traitements supplémentaires sur fer ou acier*

ISO 2409, *Peintures et vernis – Essai de quadrillage*

ISO 3231:1993, *Peintures et vernis – Détermination de la résistance aux atmosphères humides contenant du dioxyde de soufre*

ISO/DIS 4846, *Béton – Détermination de la résistance à l'écaillage des surfaces soumises à des agents chimiques dégivrants*¹

ISO 7784 (toutes les parties), *Peintures et vernis – Détermination de la résistance à l'abrasion*

ISO 9227, *Essais de corrosion en atmosphères artificielles – Essais aux brouillards salins*

ISO 10546, *Couches de conversion chimique – Couches de conversion au chromate rincées et non rincées sur aluminium et alliages d'aluminium*

ISO 11408, *Couches de conversion chimique – Finition noire de la fonte et de l'acier – Spécifications et méthodes d'essai*

ISO 11997 (toutes les parties), *Peintures et vernis – Détermination de la résistance aux conditions de corrosion cyclique*

ISO 12944 (toutes les parties), *Peintures et vernis – Anticorrosion des structures en acier par systèmes de peinture*

ISO 13732-1:2006, *Ergonomie des ambiances thermiques – Méthodes d'évaluation de la réponse humaine au contact avec des surfaces – Partie 1: Surfaces chaudes*

EN 206-1, *Béton – Partie 1: spécification, performance, production et conformité*

ASTM C94/C 94M, *Spécification pour béton prêt à l'emploi*

¹ Cette publication a été supprimée.

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