

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**High-voltage switchgear and controlgear –
Part 202: AC prefabricated substations for rated voltages above 1 kV and up to
and including 52 kV**

**Appareillage à haute tension –
Partie 202: Postes préfabriqués pour courant alternatif de tensions assignées
supérieures à 1 kV et inférieures ou égales à 52 kV**



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2022 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 Secretariat
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel.: +41 22 919 02 11
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 corrigendum or an amendment might have been published.

IEC publications search - webstore.iec.ch/advsearchform

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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.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 once a month by email.

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: sales@iec.ch.

IEC Products & Services Portal - products.iec.ch

Discover our powerful search engine and read freely all the publications previews. With a subscription you will always have access to up to date content tailored to your needs.

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary on electrotechnology, containing more than 22 300 terminological entries in English and French, with equivalent terms in 19 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

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.

Recherche de publications IEC -

webstore.iec.ch/advsearchform

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 une fois par mois par email.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

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

IEC Products & Services Portal - products.iec.ch

Découvrez notre puissant moteur de recherche et consultez gratuitement tous les aperçus des publications. Avec un abonnement, vous aurez toujours accès à un contenu à jour adapté à vos besoins.

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire d'électrotechnologie en ligne au monde, avec plus de 22 300 articles terminologiques en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 19 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**High-voltage switchgear and controlgear –
Part 202: AC prefabricated substations for rated voltages above 1 kV and up to
and including 52 kV**

**Appareillage à haute tension –
Partie 202 : Postes préfabriqués pour courant alternatif de tensions assignées
supérieures à 1 kV et inférieures ou égales à 52 kV**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 29.130.10

ISBN 978-2-8322-1609-5

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

CONTENTS

FOREWORD.....	9
INTRODUCTION.....	11
1 Scope.....	12
2 Normative references	13
3 Terms and definitions	15
3.1 General terms and definitions	15
3.2 Assemblies of switchgear and controlgear	15
3.3 Parts of assemblies	15
3.4 Switching devices	16
3.5 Parts of switchgear and controlgear	17
3.6 Operational characteristics of switchgear and controlgear.....	17
3.7 Characteristic quantities	18
3.8 Index of definitions.....	18
4 Normal and special service conditions	18
4.1 Normal service conditions	18
4.1.1 General	18
4.1.2 Indoor switchgear and controlgear	19
4.1.3 Outdoor switchgear and controlgear	19
4.1.101 Low-voltage switchgear and controlgear.....	19
4.1.102 Power transformer	19
4.2 Special service conditions.....	20
4.2.1 General	20
4.2.2 Altitude	20
4.2.3 Exposure to pollution	20
4.2.4 Temperature and humidity	21
4.2.5 Exposure to abnormal vibrations, shock or tilting	21
4.2.6 Wind speed	21
4.2.7 Other parameters	21
5 Ratings.....	21
5.1 General.....	21
5.2 Rated voltage (U_r)	22
5.3 Rated insulation level (U_d , U_p , U_s)	22
5.4 Rated frequency (f_r).....	23
5.5 Rated continuous current (I_r)	23
5.6 Rated short-time withstand current (I_k)	23
5.6.101 Rated short-time withstand current of high-voltage switchgear and controlgear and high-voltage interconnection (I_k)	23
5.6.102 Rated short-time phase to earth withstand current (I_{ke}).....	24
5.6.103 Rated short-time withstand currents of low-voltage switchgear and controlgear and low-voltage interconnection (I_{cw})	24
5.7 Rated peak withstand current (I_p)	24
5.7.101 Rated peak phase to earth withstand current (I_{pe}).....	24
5.7.102 Rated peak withstand currents of low-voltage switchgear and controlgear and low-voltage interconnection (I_{pk})	24
5.8 Rated duration of short-circuit (t_k).....	24

5.8.101	Rated duration of short-circuit (t_k)	25
5.8.102	Rated duration of phase to earth short-circuit (t_{ke})	25
5.8.103	Rated duration of short-circuits for low-voltage switchgear and controlgear and low-voltage interconnection	25
5.8.104	Rated duration of short-circuits for power transformers	25
5.9	Rated supply voltage of auxiliary and control circuits (U_a)	25
5.10	Rated supply frequency of auxiliary and control circuits	25
5.11	Rated pressure of compressed gas supply for controlled pressure systems	25
5.101	Rated power of prefabricated substation and class of enclosure	25
5.101.1	Rated power of the prefabricated substation	25
5.101.2	Rated class of enclosure	26
5.102	Ratings of the internal arc classification (IAC)	26
5.102.1	General	26
5.102.2	Types of accessibility (A, B, AB)	26
5.102.3	Rated arc fault currents (I_A , I_{Ae})	27
5.102.4	Rated arc fault duration (t_A , t_{Ae})	27
6	Design and construction	27
6.1	Requirements for liquids in switchgear and controlgear	28
6.2	Requirements for gases in switchgear and controlgear	28
6.3	Earthing of switchgear and controlgear	28
6.4	Auxiliary and control equipment and circuits	29
6.4.1	General	29
6.4.2	Protection against electric shock	29
6.4.3	Components installed in enclosures	30
6.5	Dependent power operation	30
6.6	Stored energy operation	30
6.7	Independent unlatched operation (independent manual or power operation)	31
6.8	Manually operated actuators	31
6.9	Operation of releases	31
6.10	Pressure/level indication	31
6.11	Nameplates	31
6.12	Locking devices	31
6.13	Position indication	31
6.14	Degrees of protection provided by enclosures	31
6.15	Creepage distances for outdoor insulators	32
6.16	Gas and vacuum tightness	32
6.17	Tightness for liquid systems	32
6.18	Fire hazard (flammability)	32
6.19	Electromagnetic compatibility (EMC)	32
6.20	X-ray emission	32
6.21	Corrosion	32
6.22	Filling levels for insulation, switching and/or operation	32
6.101	Protection of the prefabricated substation against mechanical stress	33
6.102	Protection of the environment due to internal defects	33
6.103	Internal arc fault	34
6.104	Enclosure	34
6.104.1	General	34
6.104.2	Fire behaviour	35

6.104.3	Environmental considerations	36
6.104.4	Covers and doors	36
6.104.5	Ventilation openings	37
6.104.6	Partitions	37
6.105	Other provisions.....	37
6.105.1	Provisions for dielectric tests on cables	37
6.105.2	Accessories	37
6.105.3	Operation aisle	38
6.105.4	Labels	38
6.105.5	Provisions for on-site assembly of prefabricated substation	38
6.106	Sound emission	38
6.107	Electromagnetic fields.....	38
6.108	Solar radiation	38
7	Type tests	39
7.1	General.....	39
7.1.1	Basics	39
7.1.2	Information for identification of test objects.....	40
7.1.3	Information to be included in type-test reports	40
7.2	Dielectric tests	40
7.2.1	General	40
7.2.2	Ambient air conditions during tests	41
7.2.3	Wet test procedure	41
7.2.4	Arrangement of the equipment.....	41
7.2.5	Criteria to pass the test	41
7.2.6	Application of the test voltage and test conditions.....	41
7.2.7	Tests of switchgear and controlgear of $U_r \leq 245$ kV	41
7.2.8	Tests of switchgear and controlgear of $U_r > 245$ kV	41
7.2.9	Artificial pollution tests for outdoor insulators.....	41
7.2.10	Partial discharge tests	41
7.2.11	Dielectric tests on auxiliary and control circuits.....	41
7.2.12	Voltage test as condition check	42
7.2.101	Tests on the high-voltage components.....	42
7.2.102	Tests on low-voltage interconnection	43
7.3	Radio interference voltage (RIV) test	44
7.4	Resistance measurement.....	44
7.4.1	Measurement of the resistance of auxiliary contacts class 1 and class 2.....	44
7.4.2	Measurement of the resistance of auxiliary contacts class 3	44
7.4.3	Electrical continuity of earthed metallic parts test	44
7.4.4	Resistance measurement of contacts and connections in the main circuit as a condition check.....	45
7.5	Continuous current tests	45
7.5.101	General	45
7.5.102	Test conditions	46
7.5.103	Test methods.....	47
7.5.104	Measurements	51
7.5.105	Acceptance criteria	53
7.5.106	Continuous current test under solar radiation.....	54
7.6	Short-time withstand current and peak withstand current tests	54
7.7	Verification of the protection	55

7.8	Tightness tests	55
7.9	Electromagnetic compatibility tests (EMC)	55
7.10	Additional tests on auxiliary and control circuits	55
7.10.1	General	55
7.10.2	Functional tests	55
7.10.3	Verification of the operational characteristics of auxiliary contacts	56
7.10.4	Environmental tests	56
7.10.5	Dielectric test	56
7.11	X-radiation test for vacuum interrupters	56
7.101	Calculations and mechanical tests	56
7.101.1	Wind pressure	56
7.101.2	Roof loads	56
7.101.3	Mechanical impacts	56
7.101.4	Handling	56
7.102	Internal arc test	57
7.102.1	General	57
7.102.2	Test conditions	57
7.102.3	Arrangement of the equipment	58
7.102.4	Test procedure	58
7.102.5	Criteria to pass the test	58
7.102.6	Test report	60
7.102.7	Transferability of tests results	60
7.103	Measurement or calculation of electromagnetic fields	61
8	Routine tests	61
8.1	General	61
8.2	Dielectric test on the main circuit	61
8.3	Test on auxiliary and control circuits	61
8.3.1	Inspection of auxiliary and control circuits, and verification of conformity to the circuit diagrams and wiring diagrams	61
8.3.2	Functional tests	61
8.3.3	Verification of protection against electric shock	61
8.3.4	Dielectric tests	62
8.4	Measurement of the resistance of the main circuit	62
8.5	Tightness test	62
8.6	Design and visual checks	62
8.101	Other functional tests	62
8.102	Tests after assembly on site	62
9	Guide to the selection of switchgear and controlgear (informative)	62
9.101	General	62
9.102	Selection of rated values	63
9.103	Selection of class of enclosure	63
9.104	Internal arc fault	64
9.104.1	General	64
9.104.2	Causes and preventive measures	64
9.104.3	Supplementary protective measures	64
9.104.4	Considerations for the selection and installation	66
9.104.5	IAC classification	66
9.105	Summary of technical requirements and ratings	67
10	Information to be given with enquiries, tenders and orders (informative)	73

10.1	General.....	73
10.2	Information with enquiries and orders	73
10.3	Information with tenders.....	74
11	Transport, storage, installation, operating instructions and maintenance.....	74
11.1	General.....	74
11.2	Conditions during transport, storage and installation	75
11.3	Installation	75
11.3.1	General	75
11.3.2	Unpacking and lifting	75
11.3.3	Assembly.....	75
11.3.4	Mounting	75
11.3.5	Connections	76
11.3.6	Information about gas and gas mixtures for controlled and closed pressure systems	76
11.3.7	Final installation inspection.....	76
11.3.8	Basic input data by the user	76
11.3.9	Basic input data by the manufacturer	76
11.4	Operating instructions	76
11.5	Maintenance	76
12	Safety.....	77
12.101	General.....	77
12.102	Electrical aspects.....	77
12.103	Mechanical aspects	77
12.104	Thermal aspects	77
12.105	Internal arc aspects	77
13	Influence of the product on the environment	77
Annex A (normative) Internal arc fault – Method to verify the internal arc classification (IAC).....		78
A.1	General.....	78
A.2	Room simulation	78
A.3	Indicators (for assessing the thermal effects of the gases).....	78
A.3.1	General.....	78
A.3.2	Arrangement of indicators.....	80
A.4	Tolerances for geometrical dimensions of test arrangements	86
A.5	Test parameters.....	86
A.6	Test procedure.....	87
Annex B (normative) Test to verify the sound level of a high-voltage/low-voltage transformer prefabricated substation.....		92
B.1	Purpose	92
B.2	Test object.....	92
B.3	Test method.....	92
B.4	Measurements	92
B.5	Presentation and calculation of the results	92
Annex C (normative) Mechanical impact test.....		94
C.1	Test for the verification of the resistance to mechanical impact.....	94
C.2	Apparatus for the verification of the protection against mechanical damage	94
Annex D (informative) Rating of power transformers in an enclosure.....		96
D.1	General.....	96
D.2	Mineral-oil-immersed power transformer	96

D.3	Dry-type power transformer.....	97
D.4	Example.....	101
Annex E (informative)	Examples of earthing arrangements	104
Annex F (informative)	Characteristics of enclosure materials	107
F.1	Metals.....	107
F.1.1	Coatings	107
F.1.2	Paints	107
F.2	Concrete	107
Annex G (informative)	Evaluation of the impact of solar radiation – Simulated solar radiation continuous current test	109
G.1	General.....	109
G.2	Test method.....	109
G.2.1	General	109
G.2.2	Test parameters, equipment and preparation	109
G.2.3	Test procedure and application of test currents.....	111
G.2.4	Measurements	111
G.3	Evaluation of the solar radiation effects	112
G.3.1	Evaluation of solar radiation effects on the temperature rise of power transformer.....	112
G.3.2	Evaluation of solar radiation effects on the temperature rise of components other than the power transformer	112
G.4	Application considerations	112
Annex H (informative)	Installation conditions of electronic equipment	114
H.1	General.....	114
H.2	Accessibility	114
H.3	Application of air temperature measurements inside the prefabricated substation	115
Bibliography		116
Figure 1	– Measurement of power transformer temperature rise in ambient air: Δt_1	46
Figure 2	– Measurement of power transformer temperature rise in an enclosure: Δt_2	46
Figure 3	– Diagram of the preferred continuous current test method	48
Figure 4	– Diagram of the continuous current test alternative method	49
Figure 5	– Diagram for open-circuit test	50
Figure 6	– Example of air temperature measurement locations inside a non-walk-in type prefabricated substation	53
Figure A.1	– Mounting frame for vertical indicators	79
Figure A.2	– Horizontal indicators	79
Figure A.3	– Arrangement of indicators	86
Figure A.4	– Selection of tests on high-voltage switchgear and controlgear for class IAC-A.....	87
Figure A.5	– Selection of tests on high-voltage switchgear and controlgear for class IAC-B.....	88
Figure A.6	– Selection of tests on high-voltage interconnections for class IAC-A.....	89
Figure A.7	– Selection of tests on high-voltage interconnections for class IAC-B.....	90
Figure C.1	– Impact test apparatus	95

Figure D.1 – Mineral-oil-immersed power transformer load factor inside of the enclosure related to ambient air at the location and top-oil and winding temperature rise limits	97
Figure D.2 – Dry-type power transformer load factor outside of the enclosure	97
Figure D.3 – Insulation class 105 °C (A) dry-type power transformers load factor in an enclosure	98
Figure D.4 – Insulation class 120 °C (E) dry-type power transformers load factor in an enclosure	99
Figure D.5 – Insulation class 130 °C (B) dry-type power transformers load factor in an enclosure	99
Figure D.6 – Insulation class 155 °C (F) dry-type power transformers load factor in an enclosure	100
Figure D.7 – Insulation class 180 °C (H) dry-type power transformers load factor in an enclosure	100
Figure D.8 – Insulation class 200 °C (H) dry-type power transformers load factor in an enclosure	101
Figure D.9 – Insulation class 220 °C (H) dry-type power transformers load factor in an enclosure	101
Figure E.1 – Example of earthing arrangement	104
Figure E.2 – Example of earthing arrangement	105
Figure E.3 – Example with the framework serving as part of the main earthing conductor	106
Figure G.1 – Indicative arrangement of laboratory radiation sources (e.g. radiant heat lamps) for continuous current test with simulated solar radiation	110
Table 1 – Synthetic material characteristics	35
Table 2 – Type tests	40
Table 3 – Locations, causes and examples of measures decreasing the probability of internal arcs	65
Table 4 – Single phase-to-earth arc fault current depending on the network neutral earthing	67
Table 5 – Summary of technical requirements, characteristics and ratings relevant for prefabricated substations	68
Table F.1 – Treatment of coatings	107
Table F.2 – Tests of coatings	107
Table F.3 – Test of concrete	108

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

HIGH-VOLTAGE SWITCHGEAR AND CONTROLGEAR –

Part 202: AC prefabricated substations for rated voltages above 1 kV and up to and including 52 kV

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.

IEC 62271-202 has been prepared by subcommittee 17C: Assemblies, of IEC technical committee 17: High-voltage switchgear and controlgear. It is an International Standard.

This third edition cancels and replaces the second edition published in 2014. This edition constitutes a technical revision.

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

- a) the whole document contents and structure are reviewed with due consideration of IEC 62271-1:2017;
- b) modification of the title and scope to include high-voltage switchgear prefabricated substations;
- c) inclusion of CEADS as a possible component of MV/LV prefabricated substation;
- d) in 7.2.101, the possible influence of surrounding elements on the dielectric performance of high-voltage components as high-voltage switchgear and controlgear and high-voltage interconnections non-metal-enclosed or without earthed screen are now considered;

- e) new informative Annex G with testing procedure to evaluate the impact of solar radiation in temperatures inside the enclosure and how to apply it;
- f) new informative Annex H for appropriate consideration of installation conditions of electronic equipment;
- g) the rated power of a prefabricated substation is now defined as a three-parameter rated value. See 5.101.1;
- h) minimum dimensions for access doors to the prefabricated substation in 6.104.4 and for free height of operation aisle in 6.105.3 have been introduced;
- i) continuous current (temperature rise) test methods have been revised/clarified where necessary;
- j) Figure D.1, which shows the mineral-oil-immersed power transformer load factor inside the enclosure, has been corrected.

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

Draft	Report on voting
17C/843/FDIS	17C/849/RVD

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

The language used for the development of this International Standard is English.

This document was drafted in accordance with ISO/IEC Directives, Part 2, and developed in accordance with ISO/IEC Directives, Part 1 and ISO/IEC Directives, IEC Supplement, available at www.iec.ch/members_experts/refdocs. The main document types developed by IEC are described in greater detail at www.iec.ch/standardsdev/publications.

This document is to be read in conjunction with IEC 62271-1:2017, 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 62271-1:2017. 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 document will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC website under webstore.iec.ch in the data related to the specific document. At this date, the document will be

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

IMPORTANT – The "colour inside" logo on the cover page of this document 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

A prefabricated substation is defined as a high-voltage type-tested assembly comprising an enclosure containing at least a power transformer and/or a high-voltage switchgear and controlgear, and, in general, all or some of the following main components: low-voltage switchgear and controlgear, electrical high-voltage interconnection and low-voltage interconnection. The prefabricated substation can include all necessary auxiliary and control equipment for its operation. The purpose being to supply low-voltage power from a high-voltage system and/or vice versa (high-voltage/low-voltage transformer substation) or distribute electric power in a high-voltage network (high-voltage switchgear substation).

These prefabricated substations can be in locations accessible to the public and should ensure protection not only to authorized persons but also to general public under the specified service conditions.

Therefore, 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 assembly contributes to this protection. The correct design and performance of the prefabricated substation is verified by means of relevant type and routine tests described in this document, including internal arc tests (if applicable).

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62271-202:2022

HIGH-VOLTAGE SWITCHGEAR AND CONTROLGEAR –

Part 202: AC prefabricated substations for rated voltages above 1 kV and up to and including 52 kV

1 Scope

This part of IEC 62271 specifies the service conditions, rated characteristics, general structural requirements and test methods of enclosed high-voltage prefabricated substations. These prefabricated substations are cable-connected to AC high-voltage networks with an operating voltage up to and including 52 kV and power frequencies up to and including 60 Hz. They can be manually operated from inside (walk-in type) or from outside (non-walk-in type). They are designed for outdoor installation at locations with public accessibility and where protection of personnel is provided.

These prefabricated substations can be situated at ground level or partially or completely below ground level. The last are also called "underground prefabricated substations".

In general, two types of prefabricated substations are considered in this document:

- high-voltage switchgear prefabricated substations;
- high-voltage/low-voltage transformer prefabricated substations (step-up and step-down).

A high-voltage switchgear prefabricated substation comprises an enclosure containing in general the following electrical components:

- high-voltage switchgear and controlgear;
- auxiliary equipment and circuits.

A high-voltage/low-voltage transformer prefabricated substation comprises an enclosure containing in general the following electrical components:

- power transformer(s);
- high-voltage and low-voltage switchgear and controlgear;
- high-voltage and low-voltage interconnections;
- auxiliary equipment and circuits.

However, relevant provisions of this document are applicable to designs where not all these electrical components exist (for example, a prefabricated substation consisting of power transformer and low-voltage switchgear and controlgear).

The listed electrical components of a high-voltage/low-voltage transformer prefabricated substation can be incorporated in the prefabricated substation either as separate components or as an assembly type CEADS according to IEC 62271-212.

This document covers only designs using natural ventilation. However, relevant provisions of this document are applicable to designs using other means of ventilation except the rated power of the prefabricated substation and associated class of enclosure (see 5.101), the continuous current tests (see 7.5) and all temperature rise related requirements, which would need an agreement between manufacturer and user.

NOTE 1 IEC 61936-1 [1]¹ provides general rules for the design and erection of high-voltage power installations. As well, it specifies additional requirements for the external connections, erection and operation at the place of installation of high-voltage prefabricated substations compliant with IEC 62271-202, which are regarded as a component of such installation. Non-prefabricated high-voltage substations, are generally covered by IEC 61936-1 [1].

NOTE 2 High-voltage switchgear prefabricated substations can include instrument transformers, according to IEC 61869 (all parts). These substations are not high-voltage/low-voltage transformer prefabricated substations.

2 Normative references

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

IEC 60050-441, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 441: Switchgear, controlgear and fuses* (available at www.electropedia.org)

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

IEC 60068-2-5:2018, *Environmental testing – Part 2-5: Tests – Test S: Simulated solar radiation at ground level and guidance for solar radiation testing and weathering*

IEC 60071-1:2019, *Insulation co-ordination – Part 1: Definitions, principles and rules*

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

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

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

IEC 60076-7:2018, *Power transformers – Part 7: Loading guide for mineral-oil-immersed power transformers*

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

IEC 60076-11:2018, *Power transformers – Part 11: Dry-type transformers*

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

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

IEC 60529:1989/AMD1:1999

IEC 60529:1989/AMD2:2013

IEC 60664-1:2020, *Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 1: Principles, requirements and tests*

¹ Numbers in square brackets refer to the Bibliography.

IEC 60721-1:1990, *Classification of environmental conditions – Part 1: Environmental parameters and their severities*
 IEC 60721-1:1990/AMD1:1992
 IEC 60721-1:1990/AMD2:1995

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

IEC 60721-2-4:2018, *Classification of environmental conditions – Part 2-4: Environmental conditions appearing in nature – Solar radiation and temperature*

IEC 60721-3-4, *Classification of environmental conditions – Part 3-4: Classification of groups of environmental parameters and their severities – Stationary use at non-weather protected locations*

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, *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*²

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

IEC 61439-1:2020, *Low-voltage switchgear and controlgear assemblies – Part 1: General rules*

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

IEC 62271-1:2017, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 1: Common specifications for alternating current switchgear and controlgear*

IEC 62271-200:2021, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 200: AC metal-enclosed switchgear and controlgear for rated voltages above 1 kV and up to and including 52 kV*

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

IEC 62271-212:2016, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 212: Compact Equipment Assembly for Distribution Substation (CEADS)*

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

ISO 1716:2018, *Reaction to fire tests for products – Determination of the gross heat of combustion (calorific value)*

ISO 6508-1:2016, *Metallic materials – Rockwell hardness test – Part 1: Test method*

EN 10025-2:2019, *Hot rolled products of structural steels – Part 2: Technical delivery conditions for non-alloy structural steels*

² This publication has been partially replaced with IEC 61180:2016.

3 Terms and definitions

Clause 3 of IEC 62271-1:2017 does not apply except where otherwise indicated.

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

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

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

NOTE Terms and definitions are classified in accordance with IEC 62271-1:2017. References from other parts than IEC 60050-441 are classified so as to be aligned with the classification used in IEC 60050-441.

3.1 General terms and definitions

3.2 Assemblies of switchgear and controlgear

3.2.101

prefabricated substation

prefabricated and type-tested high-voltage assembly comprising an enclosure containing at least a power transformer and/or a high-voltage switchgear and controlgear, and usually one or several of the following components: low-voltage switchgear and controlgear, high-voltage interconnection, low-voltage interconnection, auxiliary and control equipment and circuits

Note 1 to entry: A prefabricated substation includes all main and earthing circuits to be connected through appropriate interfaces to external high-voltage and low-voltage cables and to external earthing system and (protective) bonding conductor (if any).

3.2.102

transport unit

<prefabricated substation> part of a prefabricated substation suitable for shipment without being dismantled

3.3 Parts of assemblies

3.3.101

enclosure

<prefabricated substation> 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

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-13-01, modified – "Assembly" replaced by "prefabricated substation"; "operators and general public" are both specifically addressed.]

3.3.102

compartment

<prefabricated substation> part or zone of a prefabricated substation containing one or more main components

Note 1 to entry: A compartment of a prefabricated substation can be designated by the component contained therein, for example, power transformer, high-voltage switchgear and controlgear, low-voltage switchgear and controlgear respectively.

Note 2 to entry: A compartment of a prefabricated substation may be enclosed except for the openings necessary for interconnections, control or ventilation.

3.3.103

main component

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

EXAMPLE Power transformer, high-voltage switchgear and controlgear, low-voltage switchgear and controlgear, etc.

3.3.104

high-voltage interconnection

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

Note 1 to entry: In prefabricated substations without high-voltage switchgear and controlgear it refers to the electrical connection from the external network including the protection device (if any) to the high-voltage terminals of the power transformer.

3.3.105

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

3.3.106

partition

<prefabricated substation> part of a prefabricated substation separating one compartment from other compartments and providing a specified degree of protection

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-13-06, modified – "Assembly" replaced by "prefabricated substation"; "and providing a specific degree of protection" added.]

3.3.107

main circuit

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

3.3.108

auxiliary circuit

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

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-13-03, modified – "Assembly of switchgear and controlgear" replaced by "prefabricated substation"; "illuminate, etc." added, note deleted.]

3.3.109

rated value

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

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-18-35, modified – "Component, device or equipment" replaced by "prefabricated substation"; the note to entry is removed.]

3.3.110

main earthing conductor

<prefabricated substation> conductor which is part of the earthing arrangement of a substation and enabling the electrical connection to earth of all the individual earthing conductors of each element and main component of a prefabricated substation intended to be earthed

3.4 Switching devices

Subclause 3.4 of IEC 62271-1:2017 applies.

3.5 Parts of switchgear and controlgear

Subclause 3.5 of IEC 62271-1:2017 applies.

3.6 Operational characteristics of switchgear and controlgear

3.6.101

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

3.6.102

ambient air temperature

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

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-11-13, modified – "Complete switching device or fuse" replaced with "enclosure of the prefabricated substation"; Note is removed.]

3.6.103

class of enclosure

<prefabricated substation> difference of temperature rise between the power transformer in the enclosure and the same power transformer outside the enclosure at normal service conditions as defined in 4.1

Note 1 to entry: The power transformer rated values (power and losses) correspond to the highest rated power and associated rated total losses, for which the prefabricated substation is designed and tested.

3.6.104

internal arc classified prefabricated substation

IAC prefabricated substation

prefabricated substations for which prescribed criteria for protection of persons are met in the event of an internal arc in high-voltage prefabricated substation components, except power transformers, as demonstrated by type tests

3.6.105

type of accessibility

characteristic related to the level of protection given to people accessing a defined area inside or around the prefabricated substation in the event of an internal arc, as demonstrated by type tests

3.6.106

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

3.6.107

normal operation

<prefabricated substation> operation of the prefabricated substation as defined by the manufacturer's instructions for use, corresponding to the normal conditions and operations in service

Note 1 to entry: "Normal operation" does not include maintenance, transport and storage.

3.7 Characteristic quantities

3.7.101

arc fault current

<IAC prefabricated substation> three-phase and – where applicable – single phase-to-earth RMS value of the short-circuit current for which the prefabricated substation is designed to protect persons in the event of an internal arc

3.7.102

arc fault duration

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

3.7.103

power transformer load factor

per unit ratio of constant current drawn from a power transformer at its rated voltage to the rated current of that power transformer

Note 1 to entry: This term is also expressed as load current/rated current at rated voltage. See IEC 60076-7 and IEC 60076-12.

3.8 Index of definitions

A-C

ambient air temperature (of a prefabricated substation)	3.6.102
arc fault current.....	3.7.101
arc fault duration	3.7.102
auxiliary circuit (of a prefabricated substation)	3.3.108
class of enclosure (of a prefabricated substation)	3.6.103
compartment (of a prefabricated substation)	3.3.102

D-M

degree of protection against mechanical impacts	3.6.106
degree of protection	3.6.101
enclosure (of a prefabricated substation)	3.3.101
high-voltage interconnection	3.3.104
internal arc classified prefabricated substation	3.6.104
low-voltage interconnection	3.3.105
main circuit (of a prefabricated substation)	3.3.107
main earthing conductor (of a prefabricated substation)	3.3.110
main component (of a prefabricated substation)	3.3.103

N-Z

normal operation (of a prefabricated substation)	3.6.107
partition (of a prefabricated substation)	3.3.106
power transformer load factor	3.7.103
prefabricated substation.....	3.2.101
rated value (of a prefabricated substation)	3.3.109
transport unit (of a prefabricated substation)	3.2.102
type of accessibility	3.6.105

4 Normal and special service conditions

Clause 4 of IEC 62271-1:2017 is applicable, except as follows.

4.1 Normal service conditions

4.1.1 General

Subclause 4.1.1 of IEC 62271-1:2017 is applicable with following addition.

Unless otherwise specified in this document, the prefabricated substation is intended to be used in accordance with its rated characteristics and at locations compliant with the normal service conditions defined for outdoor switchgear and controlgear in 4.1.3 of IEC 62271-1:2017.

Inside the enclosure of the prefabricated substation, it is assumed that the normal indoor service conditions defined for indoor switchgear and controlgear in 4.1.2 of IEC 62271-1:2017 prevail.

Generally, the air temperature inside the enclosure of the prefabricated substation will be different from the ambient air temperature as defined in 3.6.102.

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

Operation under normal service conditions is considered to be covered by the type tests according to this document.

4.1.2 Indoor switchgear and controlgear

Subclause 4.1.2 of IEC 62271-1:2017 is applicable to the high-voltage switchgear and controlgear, the high-voltage interconnection, the auxiliary and control equipment and circuits, and the low-voltage interconnection inside the prefabricated substation.

4.1.3 Outdoor switchgear and controlgear

Subclause 4.1.3 of IEC 62271-1:2017 is applicable to the prefabricated substation.

4.1.101 Low-voltage switchgear and controlgear

Subclause 7.1 of IEC 61439-1:2020 is applicable to the low-voltage switchgear and controlgear with following addition.

The macro-environment corresponds to the normal service conditions inside the prefabricated substation, and the micro-environment corresponds to the conditions close to the insulating parts of the low-voltage switchgear and controlgear.

If not otherwise stated by the manufacturer, it is assumed that for the micro-environment inside the low-voltage switchgear and controlgear, the pollution degree 1 defined in 7.1.2 of IEC 61439-1:2020 applies.

4.1.102 Power transformer

IEC 60076-1:2011 is applicable for liquid-immersed power transformers and IEC 60076-11:2018 for dry-type power transformers.

A power transformer loaded with rated current inside an enclosure has a temperature rise, which is generally higher than in open-field conditions, and the temperature limits as defined in IEC 60076-2:2011 or IEC 60076-11:2018 can be exceeded.

The service conditions of the power transformer will be determined according to the local outside service conditions and the class of the enclosure (see 5.101.2).

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

4.2 Special service conditions

4.2.1 General

Subclause 4.2.1 of IEC 62271-1:2017 is applicable, except as follows.

The prefabricated substation can be exposed to environmental parameters and their severities stronger than those defined by the service conditions defined in 4.1. The open-air classifications defined by IEC 60721-3-4 can be used to specify special service conditions for the prefabricated substation.

4.2.2 Altitude

Subclause 4.2.2 of IEC 62271-1:2017 is applicable, with following additions and precisions.

Altitude of the installation may also have influence on the cooling effect of ambient air and therefore on the temperature rise of the components of the prefabricated substation.

4.2.2.101 Insulation

For installation of the high-voltage switchgear and controlgear and/or interconnection at an altitude higher than 1 000 m, refer to 4.2.2 of IEC 62271-1:2017.

For installation of the low-voltage switchgear and controlgear and/or interconnection at an altitude higher than 2 000 m, refer to 7.2 of IEC 61439-1:2020.

For installation of the power transformer at an altitude higher than 1 000 m, refer to IEC 60076-2:2011 or IEC 60076-11:2018.

4.2.2.102 Temperature rise

For installation of the high-voltage switchgear and controlgear, high-voltage interconnection, low-voltage switchgear and controlgear and low-voltage interconnection at an altitude between 2 000 m and 4 000 m, the temperature rise limits of Table 14 of the IEC 62271-1:2017 shall be reduced by 1 % for every 100 m in excess of 2 000 m in altitude to not exceed the required temperature limits at 40 °C air temperature inside the prefabricated substation. This reduced temperature rise limits should be used during the continuous current type test at an altitude below 2 000 m. However, this correction is generally unnecessary due to the reduced maximum ambient air temperature at altitudes above 2 000 m. See IEC TR 60943 [2].

For installation of the power transformer at an altitude higher than 1 000 m, refer to IEC 60076-2:2011 or IEC 60076-11:2018.

4.2.3 Exposure to pollution

Subclause 4.2.3 of IEC 62271-1:2017 is applicable, except as follows.

In the cases where the insulation can be affected by the pollution inside the enclosure, the site pollution severity class should be selected having consideration that airborne salt or industrial pollution introduced via the enclosure ventilation will not be washed off by rain. The site pollution severity class inside the enclosure in such circumstances can be more onerous than existing outside the enclosure.

For prefabricated substations that are intended to be installed in environments with the site pollution severity classes c (medium), d (heavy) and e (very heavy) according to IEC TS 60815-1:2008, the exposed insulation, if any, should be designed in order to withstand these pollution levels. Examples of typical environmental levels are given in Table K.1 of IEC 62271-1:2017. Alternatively, measures should be taken in order to prevent the build-up of

pollution on the exposed surfaces of the insulation in accordance with Annex C of IEC TS 62271-304:2019 [3].

For installation of the prefabricated substation in polluted ambient air, the environmental parameters defining the degree of pollution should be specified according to IEC 60721-3-4.

4.2.3.101 Low-voltage switchgear and controlgear

Refer to IEC 60664-1:2020 and 7.2 of IEC 61439-1:2020.

4.2.3.102 Power transformer

Refer to 5.5 of IEC 60076-1:2011, except for dry-type power transformers for which 4.2 f) and 12.2 of IEC 60076-11:2018 should be referred to select appropriate environmental class.

4.2.4 Temperature and humidity

Subclause 4.2.4 of IEC 62271-1:2017 is applicable with following addition.

If the service conditions at the intended installation site do not fall within the limits of the "normal service conditions", then the limits of the temperature rise for the power transformer and/or the load factor shall be modified accordingly, taking into account the class of the enclosure. See 5.101 and Annex D.

4.2.5 Exposure to abnormal vibrations, shock or tilting

Subclause 4.2.5 of IEC 62271-1:2017 is applicable.

4.2.6 Wind speed

Subclause 4.2.6 of IEC 62271-1:2017 is applicable.

4.2.7 Other parameters

Subclause 4.2.7 of IEC 62271-1:2017 is applicable with following addition.

If the solar irradiance at the location where the prefabricated substation will be installed exceeds 1 000 W/m², an appropriate value should be specified by the user from those given in IEC 60721-2-4.

For the purposes of assessing the impact of solar radiation on the temperature rise of a prefabricated substation exposed to direct sunlight (refer to Annex G), the maximum level (power density) of solar irradiance (SI) assumed for prefabricated substations that are exposed to direct sunlight is 1,09 kW/m² in accordance with IEC 60068-2-5:2018. The selection of an alternative value may be considered depending on the actual installation location and is subject to an agreement between the user and manufacturer.

5 Ratings

5.1 General

Subclause 5.1 of IEC 62271-1:2017 is applicable, except as follows.

The ratings of a prefabricated substation are the following:

- a) rated voltage of high-voltage main circuits (U_r);
- b) rated voltage of low-voltage main circuits (U_n , where applicable);

- c) rated insulation levels (U_p , U_d and U_s , where applicable);
- d) rated frequency (f_r);
- e) rated current for low-voltage main circuits (I_{nA} , where applicable);
- f) rated continuous current for high-voltage main circuits (I_r);
- g) rated short-time withstand currents (I_k , I_{ke} , I_{cw}) for main and earthing circuits;
- h) rated peak withstand currents (I_p , I_{pe} , I_{pk}), for main and earthing circuits;
- i) rated duration of short-circuit (t_k , t_{ke}) for main and earthing circuits;
- j) rated supply voltage of closing and opening devices and auxiliary and control circuits (where applicable);
- k) rated supply frequency of closing and opening devices and auxiliary and control circuits (where applicable);
- l) rated power of the prefabricated substation (for high-voltage/low-voltage transformer prefabricated substations);
- m) rated class of enclosure (for high-voltage/low-voltage transformer prefabricated substations);
- n) ratings of the internal arc classification (IAC), if assigned by the manufacturer.

5.2 Rated voltage (U_r)

Subclause 5.2 of IEC 62271-1:2017 does not apply to 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 5.2 of IEC 62271-1:2017 for high-voltage switchgear and controlgear. This value referred as U_r corresponds to the highest voltage for the equipment (U_m).

Refer to IEC 60947-1 and 5.2 of IEC 61439-1:2020 for low-voltage switchgear and controlgear. This value referred as U_n corresponds to the nominal voltage of the electrical system (U_n) to which it is connected.

Subclause 5.4.1 of IEC 60076-1:2011 is applicable for the power transformer. This value referred as U_r is equivalent to the nominal voltage of the electrical system (U_n) to which it is connected. A power transformer has two different rated voltages, one for the high-voltage side and one for the low-voltage side.

NOTE These values are coordinated with the characteristics of the high-voltage/low-voltage power transformer. The high-voltage switchgear and controlgear rated voltage is higher than the high-voltage rated voltage of the power transformer. The low-voltage switchgear and controlgear rated voltage can be higher than the rated voltage of the power transformer.

5.3 Rated insulation level (U_d , U_p , U_s)

Subclause 5.3 of IEC 62271-1:2017 applies to components of the prefabricated substation assembly. The specific requirements and references for each component of the prefabricated substation are as follows.

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 5.3 of IEC 62271-1:2017 and for low-voltage switchgear and controlgear refer to 5.2 of IEC 61439-1:2020 and to IEC 60947-1.

The rated insulation levels of the power transformer shall be compatible with the rated insulation levels of the prefabricated substation. Refer to 5.6 of IEC 60076-1:2011 about applicable insulation levels in relation with the highest voltage for the equipment (U_m).

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 F.1 of IEC 60664-1:2020. Depending on the network in different countries, it can be necessary to choose a higher insulation level.

5.4 Rated frequency (f_r)

Subclause 5.4 of IEC 62271-1:2017 does not apply to the prefabricated substation assembly.

Each prefabricated substation shall have a rated frequency compatible with the rated frequencies of each of its components as defined by each component standard. In particular, for high-voltage switchgear and controlgear, refer to 5.4 of IEC 62271-1:2017, for power transformer refer to 5.4.2 of IEC 60076-1:2011 and for low-voltage switchgear and controlgear, refer to IEC 60947-1 and 5.5 of IEC 61439-1:2020.

For CEADS, refer to 4.3 of IEC 62271-212:2016.

5.5 Rated continuous current (I_r)

Subclause 5.5 of IEC 62271-1:2017 does not apply to the prefabricated substation assembly.

A high-voltage/ low-voltage transformer prefabricated substation, in general, will have a rated continuous current I_r for the high-voltage interconnection (if any) and a rated current I_{nc} for the low-voltage interconnection (if any). Both will depend on the rated power of the power transformer.

A prefabricated substation will also have the assigned rated continuous currents of the high-voltage switchgear and controlgear assembly and of the low-voltage switchgear and controlgear assembly (if any).

For high-voltage switchgear and controlgear I_r , refer to 5.5 of IEC 62271-1:2017 and for low-voltage switchgear and controlgear I_{nA} , I_{nc} , I_{ng} , refer to 5.3 of IEC 61439-1:2020. For both assemblies, the rated continuous currents associated to the circuits connected to the power transformer shall be compatible with the rated continuous currents of the interconnections.

5.6 Rated short-time withstand current (I_k)

Subclause 5.6 of IEC 62271-1:2017 does not apply to 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, 5.6 of IEC 62271-1:2017 is applicable with the additions stated in 5.6.101 and 5.6.102. For low-voltage switchgear and controlgear and low-voltage interconnection, 5.6.103 applies.

5.6.101 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 controlgear 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, advantage can be taken of apparatus limiting the short-circuit current, such as current-limiting fuses, reactors, etc.

5.6.102 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.

This rated value applies only to the earthing circuit intended to earth the high-voltage circuits of the prefabricated substation, i.e. from the earthing point of the high-voltage switchgear and controlgear to the earthing point of the prefabricated substation to be connected to the external earth.

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 4.

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

Refer to 5.3.5 of IEC 61439-1:2020.

5.7 Rated peak withstand current (I_p)

Subclause 5.7 of IEC 62271-1:2017 does not apply to 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, 5.7 of IEC 62271-1:2017 is applicable with the additions stated in 5.7.101. For low-voltage switchgear and controlgear and low-voltage interconnection, 5.7.102 applies.

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, advantage can be taken of apparatus limiting the short-circuit current, such as current-limiting fuses, reactors, etc.

5.7.101 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.

This rated value applies only to the earthing circuit intended to earth the high-voltage circuits of the prefabricated substation, i.e. from the earthing point of the high-voltage switchgear and controlgear to the earthing point of the prefabricated substation to be connected to the external earth.

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

Refer to 5.3.4 of IEC 61439-1:2020.

5.8 Rated duration of short-circuit (t_k)

Subclause 5.8 of IEC 62271-1:2017 does not apply to 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 5.8 of IEC 62271-1:2017 is applicable with the additions stated in 5.8.101 and 5.8.102. For low-voltage switchgear and controlgear and low-voltage interconnection, 5.8.103 applies. For power transformer, 5.8.104 applies.

5.8.101 Rated duration of short-circuit (t_k)

A rated duration of short-circuit shall be assigned to high-voltage switchgear and controlgear 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, advantage can be taken of apparatus limiting the duration of the short-circuit current, such as current-limiting fuses.

5.8.102 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.

This rated value applies only to the earthing circuit intended to earth the high-voltage circuits of the prefabricated substation, i.e. from the earthing point of the high-voltage switchgear and controlgear to the earthing point of the prefabricated substation to be connected to the external earth.

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

Refer to 5.3.5 of IEC 61439-1:2020 for low-voltage switchgear and controlgear and assign a rated duration of short-circuit to the low-voltage interconnection.

5.8.104 Rated duration of short-circuits for power transformers

Refer to IEC 60076-5:2006 and IEC 60076-11:2018.

5.9 Rated supply voltage of auxiliary and control circuits (U_a)

Subclause 5.9 of IEC 62271-1:2017 is applicable to the auxiliary and control circuits of the prefabricated substation.

5.10 Rated supply frequency of auxiliary and control circuits

Subclause 5.10 of IEC 62271-1:2017 is applicable to the auxiliary and control circuits of the prefabricated substation.

5.11 Rated pressure of compressed gas supply for controlled pressure systems

Subclause 5.11 of IEC 62271-1:2017 does not apply to the prefabricated substation assembly.

For high-voltage switchgear and controlgear, 5.11 of IEC 62271-1:2017 is applicable.

5.101 Rated power of prefabricated substation and class of enclosure

5.101.1 Rated power of the prefabricated substation

The rated power of the prefabricated substation indicates the highest rated power S_r (in kVA), associated rated total losses (in W) and temperature rise limits (as defined in IEC 60076-1:2011 or IEC 60076-11:2018) from all the power transformers for which the prefabricated substation has been designed and type tested in accordance with 7.5. It is expressed as a three-parameter rated value, for example 630 kVA – 5 500 W – 60/65 K O/W for an oil-immersed power transformer or 630 kVA – 5 500 W – insulation class F for a dry-type power transformer.

A prefabricated substation may have more than one three-parameter rated value, if power transformers with lower rated power but with higher total losses are also an option given by the manufacturer of the prefabricated substation.

If a prefabricated substation is equipped with two or more power transformers, the manufacturer shall indicate the power transformers for which the prefabricated substation is designed and type tested, to work simultaneously at rated power and with their associated rated total losses.

5.101.2 Rated class of enclosure

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

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

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 power transformer of 5 K, 10 K, 15 K, 20 K, 25 K and 30 K, respectively (see Figure 1 and Figure 2).

NOTE The manufacturer can assign to an enclosure several classes corresponding to different values of power and losses of the power transformer. These additional classes are confirmed by test according to 7.5 (see also 9.103).

The rated class of the enclosure only takes into account internal sources of heat, in particular from the components contained inside. The impact of an external heat source as solar radiation is treated in 6.108 and Annex G.

5.102 Ratings of the internal arc classification (IAC)

5.102.1 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.

5.102.2 Types of accessibility (A, B, AB)

Three types of accessibility in case of an internal arc are considered.

- Accessibility type A: for prefabricated substations providing protection to the operators during normal operations, standing at the declared accessible high-voltage area(s) inside or in front of the prefabricated substation with necessary door(s) required for normal operation open.

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

- a) Prefabricated substation operated from inside (walk-in type): authorized personnel inside the substation with the door open.
- b) Prefabricated substation operated from outside (non-walk-in type): authorized personnel on the high-voltage operating side of the substation with the door open.

- Accessibility type B: for prefabricated substations providing protection to the general public in the vicinity of the prefabricated substation on all its accessible sides at any time, with closed door(s).

To qualify for this classification, unrestricted accessibility is considered to all accessible sides of the prefabricated substation with all doors closed, irrespective of the operational mode of the prefabricated substation (from the inside or from the outside). For standardisation purposes, prefabricated substation roofs with a height lower than 1,9 m above the surrounding ground level are considered accessible. See Figure A.3.

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

To qualify for this classification, these prefabricated 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).

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

The standard value of rated arc fault currents should be selected from the IEC 60059:1999 [4] 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 9.104.5.

In the case where all high-voltage compartments of high-voltage switchgear and controlgear and of high-voltage interconnection are only designed and type tested 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 9.104.5, and Table 4.

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

Typical 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. 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.

6 Design and construction

Clause 6 of IEC 62271-1:2017 does not apply to the prefabricated substation assembly.

Prefabricated substations shall be designed so that normal operation, inspection and maintenance can be carried out safely. Additionally, the prefabricated 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 prefabricated 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,

- power transformers according to the applicable documents of IEC 60076 (all parts) [5] listed in Clause 2;
- high-voltage switchgear and controlgear according to IEC 62271-200:2021 or IEC 62271-201:2014;
- low-voltage switchgear and controlgear according to IEC 60947-1 and IEC 61439 (all parts);
- compact equipment assembly for distribution substation (CEADS) according to IEC 62271-212:2016.

6.1 Requirements for liquids in switchgear and controlgear

Subclause 6.1 of IEC 62271-1:2017 does not apply to the prefabricated substation assembly.

6.2 Requirements for gases in switchgear and controlgear

Subclause 6.2 of IEC 62271-1:2017 does not apply to the prefabricated substation assembly.

NOTE For the handling of SF₆ in high-voltage switchgear and controlgear, refer to IEC 62271-4 [6].

6.3 Earthing of switchgear and controlgear

Subclause 6.3 of IEC 62271-1:2017 does not apply and it is replaced as follows:

The earthing arrangement of a prefabricated substation includes the following circuits:

- a) earthing circuit(s) for high-voltage switchgear and controlgear;
- b) earthing circuit(s) for all the other components of the prefabricated substation provided with earthing points (terminals);
- c) earthing circuit for metallic parts of the prefabricated substation not belonging to its main components;
- d) protective conductor (if any) of low-voltage circuits.

A main earthing conductor shall be provided to connect to the external earthing system all mentioned earthing circuits a) to c) and protective conductor d).

Annex E shows some typical examples of earthing arrangements.

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.

The main earthing conductor and the earthing conductor connected to the earthing point of the high-voltage switchgear and controlgear shall be capable of carrying the rated short-time and peak phase-to-earth withstand currents from that earthing point to the external earthing connection. The main earthing conductor and the protective conductor (if any) of low-voltage circuits shall as well be capable of carrying the short-circuit current and duration according to 10.11.5.6 of IEC 61439-1:2020.

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 an earthing copper conductor, under the specified earth-fault conditions, does 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 [7].

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 high-voltage switchgear and controlgear, its cross-section shall be not less than 30 mm².

The continuity of the earthing arrangement 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 of the prefabricated substation 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 power transformer tank or metal frame of dry-type power transformers,
- the frame and/or enclosure, if metallic, of the low-voltage switchgear and controlgear, and
- 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 connected to the earthing circuit and designed to carry 30 A (DC) from themselves to the prefabricated substation main earthing conductor up to the point for connection to the external earthing circuit, with a voltage drop of maximum 3 V.

If the enclosure of the prefabricated substation is not metallic, then covers, doors and other accessible enclosure metallic parts shall be connected to the earthing circuit. However, this is not required for those metallic parts where there is no risk that they can become live under fault conditions, for example, by using earth shielded high-voltage conductors and connections if located close to metallic parts of the enclosure, or by providing enough safety distance between high-voltage conductors and metallic parts of the enclosure.

An appropriate installation of the prefabricated substation requires earthing measures around the prefabricated substation to prevent dangerous touch and step voltages.

NOTE 4 Local regulations as well as standards like IEC 61936-1 [1] and IEC 60479-1 [8] exist, providing guidance and rules for a correct earthing system.

6.4 Auxiliary and control equipment and circuits

6.4.1 General

Subclause 6.4.1 of IEC 62271-1:2017 applies with following addition.

Subclause 6.4 of IEC 62271-1:2017 is applicable with the exception of 6.4.2.1, 6.4.3.4.4, 6.4.3.4.5 and 6.4.3.5 which are replaced or modified by appropriate contents for the prefabricated substation.

For the low-voltage installation inside the prefabricated substation, for example illumination, auxiliary supply, etc., refer to IEC 60364-4-41:2005 [9], 8.6.2 of IEC 61439-1:2020 and 7.1.6 of IEC 61936-1:2010 [1], as appropriate.

With the widespread use of electronic devices, which may contain temperature-sensitive components, specific measures should be taken to assure the correct installation and performance of this type of equipment. The safety of persons in charge of their maintenance should be taken into consideration as well. Annex H provides guidance on both matters.

6.4.2 Protection against electric shock

6.4.2.1 Protection of auxiliary and control circuits from the main circuit

Subclause 6.4.2.1 of IEC 62271-1:2017 is replaced by the following text.

When high-voltage circuits are not surrounded by an earthed conductive enclosure, auxiliary and control circuits that are installed in proximity or on the frame supporting such high-voltage circuits shall be protected against disruptive discharge from those high-voltage circuits. This is verified during the dielectric type tests specified in 7.2.1.

6.4.2.2 Safety clearance during service

Subclause 6.4.2.2 of IEC 62271-1:2017 applies.

6.4.3 Components installed in enclosures

6.4.3.1 Selection of components

Subclause 6.4.3.1 of IEC 62271-1:2017 applies.

6.4.3.2 Accessibility

Subclause 6.4.3.2 of IEC 62271-1:2017 applies.

6.4.3.3 Identification

Subclause 6.4.3.3 of IEC 62271-1:2017 applies.

6.4.3.4 Requirements for auxiliary and control circuit components

Subclause 6.4.3.4 of IEC 62271-1:2017 applies.

6.4.3.4.1 General

Subclause 6.4.3.4.1 of IEC 62271-1:2017 applies.

6.4.3.4.2 Cables and wiring

Subclause 6.4.3.4.2 of IEC 62271-1:2017 applies.

6.4.3.4.3 Terminals

Subclause 6.4.3.4.3 of IEC 62271-1:2017 applies.

6.4.3.4.4 Auxiliary switches

Subclause 6.4.3.4.4 of IEC 62271-1:2017 applies to the auxiliary switches of high-voltage switching devices if not already specified by their component standards.

6.4.3.4.5 Auxiliary and control contacts

Subclause 6.4.3.4.5 of IEC 62271-1:2017 applies to the auxiliary and control contacts of high-voltage switching devices if not already specified by their component standards.

6.4.3.4.6 Heating elements

Subclause 6.4.3.4.6 of IEC 62271-1:2017 applies.

6.4.3.5 Operation counter

Subclause 6.4.3.5 of IEC 62271-1:2017 applies to the operation counter of high-voltage switching devices if not already specified by their component standards.

6.5 Dependent power operation

Subclause 6.5 of IEC 62271-1:2017 does not apply to the prefabricated substation assembly.

6.6 Stored energy operation

Subclause 6.6 of IEC 62271-1:2017 does not apply to the prefabricated substation assembly.

6.7 Independent unlatched operation (independent manual or power operation)

Subclause 6.7 of IEC 62271-1:2017 does not apply to the prefabricated substation assembly.

6.8 Manually operated actuators

Subclause 6.8 of IEC 62271-1:2017 does not apply to the prefabricated substation assembly

6.9 Operation of releases

Subclause 6.9 of IEC 62271-1:2017 does not apply to the prefabricated substation assembly.

6.10 Pressure/level indication

Subclause 6.10 of IEC 62271-1:2017 does not apply to the prefabricated substation assembly.

6.11 Nameplates

Subclause 6.11 of IEC 62271-1:2017 does not apply and it is replaced as follows:

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;
- serial number;
- manufacturer's instructions reference(s);
- year of manufacture;
- number of this document;

and where applicable:

- class of enclosure of the prefabricated substation;
- rated power of the prefabricated substation;
- internal arc classification.

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

6.12 Locking devices

Subclause 6.12 of IEC 62271-1:2017 does not apply 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.

6.13 Position indication

Subclause 6.13 of IEC 62271-1:2017 does not apply to the prefabricated substation assembly.

6.14 Degrees of protection provided by enclosures

Subclause 6.14 of IEC 62271-1:2017 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, IEC 60529:1989/AMD1:1999 and IEC 60529:1989/AMD2:2013. A higher degree of protection may be specified in accordance with IEC 60529:1989, IEC 60529:1989/AMD1:1999 and IEC 60529:1989/AMD2:2013. These degrees of protection may be defined for each part of the enclosure corresponding to each compartment of the prefabricated substation.

NOTE The degree of protection of the prefabricated substation can be reduced when substation/compartment doors are open (for example, for operation, inspection, etc.). In such situation, other precautions can be necessary for the protection of persons against approach to hazardous parts to fulfil safety measures. See 8.1 of IEC 61936-1:2021 [1].

6.15 Creepage distances for outdoor insulators

Subclause 6.15 of IEC 62271-1:2017 does not apply, except when outdoor insulators are required inside the prefabricated substation to support high-voltage conductors.

Pollution levels inside prefabricated substations can require the use of outdoor insulators to support high-voltage conductors in air (refer to 4.2.3). The pollution level to be selected for high-voltage insulators shall take into account the exposure to pollution of the prefabricated substation and the degree of protection provided by the corresponding compartment of the prefabricated substation (refer to 6.14). The selected level of pollution inside the compartment shall be subject to an agreement between manufacturer and user.

6.16 Gas and vacuum tightness

Subclause 6.16 of IEC 62271-1:2017 does not apply to the prefabricated substation assembly.

6.17 Tightness for liquid systems

Subclause 6.17 of IEC 62271-1:2017 does not apply to the prefabricated substation assembly.

6.18 Fire hazard (flammability)

Subclause 6.18 of IEC 62271-1:2017 does not apply and it is replaced as follows:

For the enclosure of the prefabricated substation, refer to 6.104.2.

6.19 Electromagnetic compatibility (EMC)

Subclause 6.19 of IEC 62271-1:2017 for high-voltage switchgear and controlgear and 9.4 of IEC 61439-1:2020 for low-voltage switchgear and controlgear are applicable.

Emission and immunity characteristics of a prefabricated substation are given by those of its (active) components and the way that they are installed and connected.

6.20 X-ray emission

Subclause 6.20 of IEC 62271-1:2017 does not apply to the prefabricated substation assembly.

6.21 Corrosion

Subclause 6.21 of IEC 62271-1:2017 is applicable to the prefabricated substation assembly.

Subclause 9.101 refers to standards dealing with environmental parameters and their severities, having influence on the corrosion behaviour of the prefabricated substation if exposed to polluted ambient air conditions.

6.22 Filling levels for insulation, switching and/or operation

Subclause 6.22 of IEC 62271-1:2017 does not apply to the prefabricated substation assembly.

For high-voltage switchgear and controlgear, 6.22 of IEC 62271-1:2017 is applicable.

6.101 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 prefabricated substation placed under 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 4.1.3 of IEC 62271-1:2017;

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 according to IEC 62262:2002;

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

d) handling loads:

- mechanical constraints linked to the lifting, transport and unloading phases of the life-cycle;

These constraints apply to the prefabricated enclosure and its parts as well as to the accessories used in these phases of the life-cycle of the prefabricated substation. The stresses result from static and dynamic loads met during these phases of the life-cycle.

The loads are generally defined by regional and local regulations. In absence of such requirement, the classification 2M4 for mechanical classification according to IEC 60721-3-2:2018 [10] should be considered.

The design of the parts being within the kinematic chain of the lifting phase of the life-cycle shall consider the worst conditions met during this phase of the life-cycle. As an example, a substation expected to be lifted by four points without using a load balancing system shall consider only two points for the distribution of loads. This is because the dynamic effect modifying the distribution loads from three lifting points to three other lifting points induces a worst case scenario where the substation is lifted from two points even during a short time.

NOTE The CTU Code:2014, [11] Chapter 5, defines different accelerations based on returns of long experience on freight transports such as road, rail and sea transports

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

6.103 Internal arc fault

A prefabricated substation that satisfies the requirements of this document 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 8. In turn, the user shall make a proper selection, according to the characteristics of the network, operating procedures and service conditions (refer to Clause 9).

There should be a low probability of an internal arc fault occurring in service, if the prefabricated substation is installed, operated and maintained following the manufacturer's instructions; however, such faults 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 can initiate an internal arc, which constitutes a hazard, if persons are present. Failures can occur in any part of the prefabricated substation. However, as no internal arc testing requirements are described for low-voltage switchgear and controlgear and for power transformers 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 document (see 7.102).

NOTE 1 IEC TR 61641:2014 [12] gives guidance for an internal arc test in enclosed low-voltage switchgear and controlgear.

NOTE 2 IEC TS 63107:2020 [13] states requirements for integration and testing of internal arc-fault mitigation systems (IAMS) in low-voltage switchgear and controlgear assemblies to demonstrate their correct operation.

For prefabricated substation arrangements without high-voltage switchgear and controlgear, see 7.102.2.

To consider this hazard, distinction shall be made between operators and general public. The operator can be inside the prefabricated substation (walk-in type) or outside and in front of it (non-walk-in type). However, the general public can be around the prefabricated substation at any time. The general public will never be inside the prefabricated substation or in close vicinity 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 prefabricated substation according to 7.102 and Annex A. Prefabricated 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 might be released into the operating area, requiring personnel to evacuate the polluted area for safety reasons, and allowing for ventilation of the space before re-entering.

6.104 Enclosure

6.104.1 General

The enclosure shall meet the following conditions:

- the degree of protection shall comply with 6.14;
- parts of the enclosure made of non-conductive materials shall meet specific dielectric requirements. Tests to verify compliance are described in 7.2.101.2.2;
- measures shall be taken in order to avoid deformation during transport or handling, provided that they are carried out according to the manufacturer's instructions;

- means shall be provided to guarantee safe access to operations concerning power transformer tap-changer or for inspection, for example, by opening a door or, if necessary, by removing a cover, provided that they are carried out according to the manufacturer's instructions;
- cooling of the prefabricated substation by natural ventilation;

NOTE This document 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.

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

6.104.2 Fire behaviour

6.104.2.1 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 6.104.2.3.

NOTE 1 For fire behaviour, only reaction to fire is considered. Fire resistance can 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 prefabricated substation.

6.104.2.2 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.

6.104.2.3 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 1716:2018 complying as a minimum with the values given in Table 1.

Table 1 – Synthetic material characteristics

Performance characteristics	Requested values	Standard
PCS gross heat of combustion [in MJ/kg]	$\leq 2,0$ MJ/kg	ISO 1716:2018
Temperature rise (T) [in °C]	≤ 30 °C	ISO 1182:2010
Loss of mass (Δm) [in %]	≤ 50 %	ISO 1182:2010
Flaming time (t_f) [in s]	0 s	ISO 1182:2010

6.104.2.4 Other materials

The manufacturer shall prove the non-flammability of the materials used which shall be at least equivalent to 6.104.2.3.

6.104.3 Environmental considerations

6.104.3.1 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 4) 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 can be used.

IEC 60068 (all parts) [14] 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 F.

If the enclosure is part of the main earthing conductor, 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.

6.104.3.2 Concrete

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

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

6.104.3.3 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 F.1.1 and F.1.2. The manufacturer shall carefully consider the corrosion characteristic of the material.

ISO TR 16335 [15] gives information on available accelerated atmospheric corrosion tests, like IEC 60068 (all parts) [14], and provides guidance on recommended fields of application and corrosivity of different tests.

6.104.3.4 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.

6.104.4 Covers and doors

Covers and doors intended to close openings of the prefabricated substation 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 6.104.5.

Two categories of covers or doors are recognized with regard to access to the prefabricated substation or to its compartments (if any):

- 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 or by suitable interlocking devices;
- b) all other covers, doors or roof shall not be possible to be opened or removed before doors or covers, used for normal operation, have been opened or removed. They shall require tools or are provided with locking facilities 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 is the one necessary for a person to ergonomically and safely operate in a standing position. A minimum free height of 2 000 mm and free width of 750 mm applies where the operator has to pass through or stand below these openings.

Underground prefabricated substations require an access hatch, providing adequate safety for personnel and wide enough for 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 prefabricated substation or working on the equipment from outside the prefabricated substation.

In addition, covers and doors for entering equipment, for example replacement of power transformer, shall have dimensions compatible with the size of the equipment and the handling tools recommended by the manufacturer of the prefabricated substation.

The emergency door shall be equipped with an emergency exit function so that the door can be opened from inside without a key, even if the doors are locked from the outside.

6.104.5 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.

6.104.6 Partitions

The degree of protection of partitions, if any, shall be specified according to IEC 60529.

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

6.105 Other provisions

6.105.1 Provisions for dielectric tests on cables

Enough space shall be provided to safely access covers and doors of 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.

6.105.2 Accessories

Adequate space should be provided for keeping accessories listed by the prefabricated substation manufacturer, for example, earthing devices, operating handles, etc.

6.105.3 Operation aisle

In the case of walk-in type substations, the width of operation aisles inside a prefabricated substation shall be adequate for performing any normal operation and maintenance according to component manufacturer's instructions. The width of such an aisle shall be 800 mm or greater, with following considerations and exceptions:

- doors of switchgear and controlgear inside the prefabricated substation shall either close in the direction of the exit or rotate such that they do not reduce the width of the aisle to less than 500 mm during their rotation;
- doors in any open fixed position or any fix part protruding from the switchgear and controlgear shall not reduce the width of the aisle to less than 500 mm.

For identical reason, the free height of operation aisles inside a prefabricated substation shall be at least 2 000 mm.

6.105.4 Labels

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

6.105.5 Provisions for on-site assembly of prefabricated substation

Where a prefabricated substation consists of more than one transport unit, it will be necessary to disconnect and then reconnect any interconnecting auxiliary and control cables between the transport units. These cables shall be of such construction to avoid having to fully recheck the interconnection. Where multicore or multi-pair cables are used, it is recommended to use plug and socket connectors such that the interconnecting cables cannot be incorrectly reconnected. Alternatively, digital communication could be used.

6.106 Sound emission

The power 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 prefabricated substation is considered, in principle, negligible. The sound emission assessment is only applicable to high-voltage/low-voltage transformer prefabricated substations. If required, the determination of prefabricated substation sound level shall be made according to Annex B, on the complete prefabricated substation to take into account any possible interaction between the high-voltage switchgear and controlgear, the low-voltage switchgear and controlgear and the enclosure with the power transformer.

6.107 Electromagnetic fields

Prefabricated substations in service generate electromagnetic fields that may need assessment to

- assist with planning, installation, operating instruction and service, and
- 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 [16] should be followed.

6.108 Solar radiation

Appropriate prefabricated substation enclosure materials and components shall be selected to ensure that solar radiation does not have a deleterious effect on the material ageing performance. Refer also to 6.104.3.4.

In addition to the losses from the components inside the prefabricated substation, in certain service conditions, solar radiation could be a significant external source of heat that can affect the performance of the prefabricated substation. In addition to the temperature increase of the accessible parts of the outdoor enclosure, the effect of solar radiation on the enclosure can lead to an increase of the internal air temperature. This may imply a de-rating of the prefabricated substation. In particular, it may imply a reduction of the power transformer load factor and/or reduce the current carrying capacity of the switchgear and controlgear assembly. In some cases, it could lead to the premature malfunction or failure of temperature-sensitive electronic devices.

Design measures, like double roofing, lighter enclosure colours, double walls, alternative enclosure materials, etc. can contribute to reduce the effect of solar radiation on the prefabricated substation.

Annex G provides guidance on how to assess the effect of solar radiation.

7 Type tests

7.1 General

7.1.1 Basics

Subclause 7.1.1 of IEC 62271-1:2017 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 their product standards (refer to Clause 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 a prefabricated substation may be evaluated with reference to type test reports of other prefabricated substation(s). In this sense, IEC TR 62271-312:2021 [17], even if focused on previous edition of this document, provides valid guidance on transferability of type tests. Care shall be taken that none of the tested parameters of the prefabricated substation are negatively affected in the configuration under evaluation.

The type tests and verifications are listed in Table 2.

Table 2 – Type tests

Mandatory type tests		Reference
Tests to verify the insulation level of the prefabricated substation		7.2
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		7.6
Tests to verify the degree of protection		7.7
Tests or calculations to verify the withstand of the enclosure of the prefabricated substation against mechanical stress		7.101
Tests to verify the auxiliary and control circuits		7.10
Type tests depending on requirements	Condition requiring type test	
Tests to prove the temperature rise of the components contained in a prefabricated substation	High-voltage/low-voltage transformer prefabricated substations	7.5
Tests to assess the effects of arcing due to an internal arc fault	Prefabricated substations class IAC-A, IAC-B or IAC-AB	7.102
EMC compatibility tests	Components including auxiliary and control circuits are not already tested	7.9
Tests to verify the sound level of high-voltage/low-voltage transformer prefabricated substation	Subject to agreement between manufacturer and user	Annex B
Measurement or calculation of electromagnetic fields generated by a prefabricated substation	Subject to agreement between manufacturer and user	7.103
Temperature-rise due to solar radiation	Subject to agreement between manufacturer and user	7.5.106

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.

7.1.2 Information for identification of test objects

Subclause 7.1.2 of IEC 62271-1:2017 is applicable.

7.1.3 Information to be included in type-test reports

Subclause 7.1.3 of IEC 62271-1:2017 is applicable with the following addition:

For the report regarding internal arc tests, refer to 7.102.6.

7.2 Dielectric tests

7.2.1 General

Subclause 7.2.1 of IEC 62271-1:2017 is applicable with following additions:

Since the high-voltage switchgear and controlgear, power transformer(s) and low-voltage switchgear and controlgear or the CEADS which can be contained in a prefabricated substation have been type tested according to the relevant standards, 7.2 applies only to the parts of the prefabricated substation where the installation conditions can affect their dielectric withstand. Therefore, the components in principle to be subjected to dielectric tests are

- the interconnection between the high-voltage switchgear and controlgear and the power transformer,
- the interconnection between the power transformer and the low-voltage switchgear and controlgear, and

- high-voltage switchgear and controlgear without an earthed conductive enclosure or layer enclosing all high-voltage parts.

NOTE Examples of high-voltage switchgear and controlgear having earthed conductive enclosure or layer enclosing all high-voltage parts are those complying with IEC 62271-200 or with class PB2 of IEC 62271-201:2014.

7.2.2 Ambient air conditions during tests

Subclause 7.2.2 of IEC 62271-1:2017 is applicable.

7.2.3 Wet test procedure

Subclause 7.2.3 of IEC 62271-1:2017 does not apply.

7.2.4 Arrangement of the equipment

Subclause 7.2.4 of IEC 62271-1:2017 does not apply. Refer instead to 7.2.101.

7.2.5 Criteria to pass the test

Subclause 7.2.5 of IEC 62271-1:2017 is applicable for the high-voltage tested components, with the following modification:

The second paragraph of item a) that refers to wet test does not apply.

7.2.6 Application of the test voltage and test conditions

Subclause 7.2.6 of IEC 62271-1:2017 does not apply. Refer instead to 7.2.101.2.

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

Subclause 7.2.7 of IEC 62271-1:2017 is applicable for the high-voltage components to be type tested with the following modifications.

The tests shall be performed with the applicable test voltages given in Table 1 or Table 2 of IEC 62271-1:2017. For test voltages to earth and between phases, columns (2) and (4) shall be used.

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

Subclause 7.2.8 of IEC 62271-1:2017 does not apply.

7.2.9 Artificial pollution tests for outdoor insulators

Subclause 7.2.9 of IEC 62271-1:2017 does not apply.

7.2.10 Partial discharge tests

Subclause 7.2.10 of IEC 62271-1:2017 does not apply.

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

7.2.11 Dielectric tests on auxiliary and control circuits

Subclause 7.2.11 of IEC 62271-1:2017 is applicable.

7.2.12 Voltage test as condition check

Subclause 7.2.12 of IEC 62271-1:2017 does not apply.

7.2.101 Tests on the high-voltage components

7.2.101.1 General conditions

The dielectric tests are not required on the high-voltage interconnection when it is made with 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 controlgear and the power transformer sides in the installation conditions of the prefabricated substation.

The dielectric tests are not required on the high-voltage switchgear and controlgear without an earthed conductive enclosure or layer enclosing all high-voltage parts to be tested when it has been previously type tested in the installation conditions of the prefabricated substation, or if all the distances between its live parts and the other components of the prefabricated substation, the walls and the ceiling are greater than the minimum clearance values given in Table A.1 of IEC 60071-1:2019 for the rated voltage of the high-voltage switchgear and controlgear.

In all other cases, the interconnection and/or the high-voltage switchgear and controlgear shall be subjected to dielectric tests according to 7.2.101.2 to 7.2.101.4.

The tests may be carried out with the power transformer replaced by a replica reproducing the field configuration of the power transformer bushings and enclosure near the high-voltage components being tested.

If only the high-voltage connection is to be tested, it shall be connected to the test supply through the high-voltage switchgear and controlgear. Only the switching devices that are in series in the supply circuit are closed. All other switching devices are open.

If the high-voltage switchgear and controlgear is to be tested, all switching devices shall be closed, and all tested circuits as in service with connected cables.

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.

7.2.101.2 Application of test voltage

7.2.101.2.1 On the high-voltage components

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 interconnections are used, the non-conductive material shall likewise withstand the test voltages specified in 7.2.101.4. The test methods specified in IEC 60243-1:2013 [18] should be applied to test if the selected material meets the relevant requirements.

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

The insulation between non-earth-shielded live parts of the high-voltage components and the accessible surface of any enclosure or partition of non-conductive material separating such high-voltage component shall withstand the test voltages specified in 7.2.101.3 and 7.2.101.4.

In order to check compliance with this requirement, accessible surfaces of that enclosure or partition made from non-conductive 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.

In addition, the insulation between the non-earth-shielded live parts of the high-voltage component and the inner surface of non-conductive parts of the enclosure or partition 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 additional requirement, the inner surface of the non-conductive material facing the non-earth-shielded component shall be covered 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 test methods specified in IEC 60243-1:2013 [18] should be applied to test if the selected material meets the relevant requirements.

7.2.101.3 Lightning impulse voltage tests

The high-voltage components to be tested shall be subjected to lightning impulse voltage tests according to 7.2.7.3 of IEC 62271-1:2017 with the following addition.

To obtain the correct wave shape during the test, it is acceptable 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.

7.2.101.4 Power-frequency voltage withstand tests

The high-voltage components to be tested shall be subjected to 1 min power-frequency voltage withstand tests in dry conditions in accordance with 7.2.7.2 of IEC 62271-1:2017 with the following addition.

During the power-frequency voltage test, one terminal of the test source 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 is acceptable to disconnect the power transformer or use a mock up instead.

7.2.102 Tests on low-voltage interconnection

7.2.102.1 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 and controlgear. Only the switching devices that are in series in the supply circuit are closed. All other switching devices are open.

7.2.102.2 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 60664-1:2020, where the rated impulse voltage test is chosen in accordance with 5.3.

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 is acceptable to disconnect the power transformer or use a mock up instead.

7.2.102.3 Power-frequency voltage withstand tests

The low-voltage interconnections shall be tested in accordance with 10.9.2 of IEC 61439-1:2020.

To avoid the saturation of the power transformer during the test, it is acceptable to disconnect the power transformer or use a mock up instead.

7.2.102.4 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.4 of IEC 60664-1:2020.

7.3 Radio interference voltage (RIV) test

Subclause 7.3 of IEC 62271-1:2017 does not apply.

7.4 Resistance measurement

7.4.1 Measurement of the resistance of auxiliary contacts class 1 and class 2

Subclause 7.4.1 of IEC 62271-1:2017 is applicable to the auxiliary contacts class 1 and class 2 of the prefabricated substation except if belonging to already type tested main components.

7.4.2 Measurement of the resistance of auxiliary contacts class 3

Subclause 7.4.2 of IEC 62271-1:2017 is applicable to the auxiliary contacts class 3 of the prefabricated substation except if belonging to already type tested main components.

7.4.3 Electrical continuity of earthed metallic parts test

Subclause 7.4.3 of IEC 62271-1:2017 does not apply to the earthed metallic parts of the prefabricated substation and it is replaced as follows:

Generally, visual inspection is sufficient to verify the electrical continuity of the connections of metallic covers and doors of the prefabricated substation to the main earthing conductor (see 6.3 c)). However, in case of doubt, they shall be tested at 30 A (DC). The voltage drop shall be lower than 3 V from the covers and doors to the point (in the main earthing conductor) for connection to the external earthing circuit (see Annex E). If more than one point for connection to an external earthing circuit is present in the main earthing conductor, the shortest electrical path should be chosen.

7.4.4 Resistance measurement of contacts and connections in the main circuit as a condition check

Subclause 7.4.4 of IEC 62271-1:2017 is applicable to the high-voltage interconnection and the low-voltage interconnection, if any. For the main components of the prefabricated substation, each applicable component standard applies.

Type-tested components are not required to be tested again.

7.5 Continuous current tests

Subclause 7.5 of IEC 62271-1:2017 is replaced by the following subclauses.

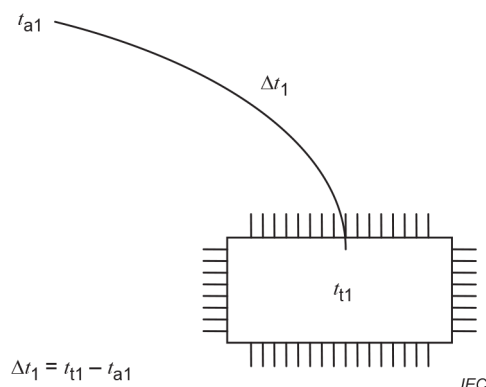
7.5.101 General

Switchgear prefabricated substations are exempt from the continuous current test because the influence of the enclosure is considered negligible with respect to the temperature rise of the high-voltage switchgear and controlgear housed within the enclosure.

The purpose of this test, among others, is to verify that the temperature rises of the relevant parts of the components when installed in a prefabricated substation do not exceed the limits fixed by the product standards of such components. The life expectancy of insulating parts will not be unduly influenced by temperature if the specified temperature rise limits, for example of low-voltage switchgear and controlgear, and/or the specified air temperatures, for example of low-voltage electronic components, are not exceeded. The ratings of the components of the prefabricated substation may differ from the rated currents of high-voltage and low-voltage circuits of the prefabricated substation.

NOTE In order to achieve the specified temperature rise limits, the manufacturer can select components for the prefabricated substation with higher rated current(s) than the tested current(s).

In particular, for the power transformers, the test shall demonstrate that the temperature rise of the power transformer inside the enclosure of the prefabricated substation does not exceed that measured on the same power transformer outside that enclosure by more than the value which defines the class of enclosure of the prefabricated substation, for example, 5 K, 10 K, 15 K, 20 K, 25 K or 30 K. The two comparative tests shall be carried out with the same transformer unit. Refer to Figure 1 and Figure 2.



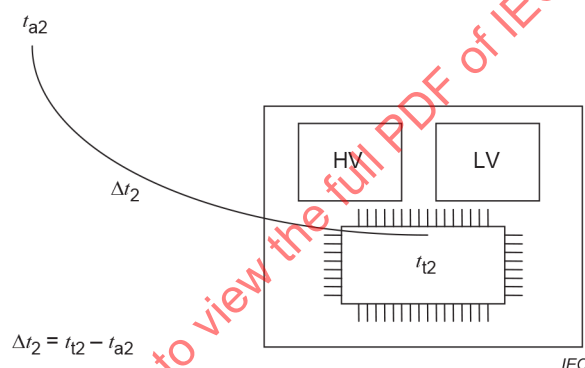
Key

t_{a1} ambient air temperature of the test room

t_{t1} power transformer temperatures measured according to IEC 60076-2:2011 and IEC 60076-11:2018

Δt_1 temperature rise of the power transformer outside an enclosure

Figure 1 – Measurement of power transformer temperature rise in ambient air: Δt_1



Key

t_{a2} ambient air temperature of the test room

t_{t2} power transformer temperatures measured according to IEC 60076-2:2011 and IEC 60076-11:2018

Δt_2 temperature rise of the power transformer inside an enclosure

Figure 2 – Measurement of power transformer temperature rise in an enclosure: Δt_2

7.5.102 Test conditions

The prefabricated substation 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 power transformer(s) shall be those corresponding to the rated power of the prefabricated substation, as defined in 5.101.1.

The continuous current tests shall be performed simultaneously on the power transformer, high-voltage and low-voltage interconnections, and low-voltage equipment.

If the prefabricated substation is designed to work with more than one power transformer simultaneously in service, it shall be tested for such condition and with the applicable load factor for each power transformer as defined by the manufacturer of the prefabricated substation.

The continuous current test of the high-voltage switchgear and controlgear is not required.

NOTE 1 It is common practice that the high-voltage switchgear and controlgear operates at a much lower current (load) than its rated continuous current. Taking this into account, any additional increase of temperature due to operation inside the prefabricated substation enclosure in most cases has negligible influence on the required current capability of the high-voltage switchgear and controlgear.

The test shall be executed in a test room keeping the ambient air temperature within the limits specified in 7.5.104.1.

The room 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 Experience has proven that the difference in temperature rise of testing an underground prefabricated substation in a room is not significant when compared to the temperature rise of an underground installation.

7.5.103 Test methods

7.5.103.1 General

Two situations are considered, depending of the type of power transformers installed in the prefabricated substation:

- liquid-immersed power transformers;
- dry-type power transformers.

7.5.103.2 Liquid-immersed power transformers

7.5.103.2.1 General

If the prefabricated substation is equipped with a liquid-immersed power transformer, one of the two following test methods shall be used to carry out the continuous current tests.

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

An alternative method may be used if the laboratory can provide only one source of current or the design of the prefabricated substation makes the connection arrangements of the two sources of current impossible, or leads to an unrealistic arrangement and/or representation of the low-voltage interconnection.

7.5.103.2.2 Preferred method

7.5.103.2.2.1 General

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

7.5.103.2.2.2 Connection of supplies

The connexion of supplies and short-circuiting positions are explained as follows.

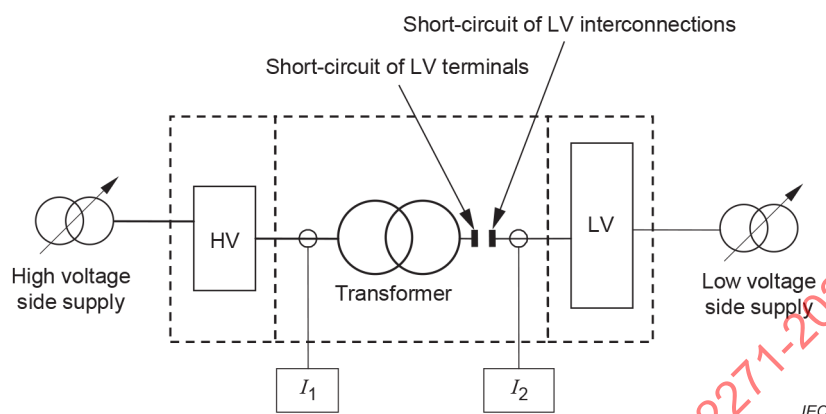
a) High-voltage side

The power transformer and the high-voltage switchgear and controlgear with its tee-off (fuses with correct rating or circuit-breaker) shall be connected and the low-voltage outgoing terminals of the power transformer shall be short-circuited. The supply shall be connected to the incoming high-voltage switchgear and controlgear terminals. Refer to Figure 3.

b) Low-voltage side

The continuous current test on the low-voltage side shall be carried out in accordance with 10.10 of IEC 61439-1:2020 and the following specific requirements.

The low-voltage switchgear and controlgear shall be isolated from the power transformer, at a convenient point as close as practicable to the power transformer terminals. At this point adjacent to the power transformer terminals, a short-circuit shall be applied to the connections between the power transformer and the low-voltage switchgear and controlgear. Test current shall be applied to the low-voltage switchgear and controlgear via the outgoing feeders.



Key

- I_1 sufficient current to generate the total rated losses of liquid-immersed power transformers or high-voltage rated current for dry-type power transformers
- I_2 low-voltage rated current of the power transformer

Figure 3 – Diagram of the preferred continuous current test method

7.5.103.2.2.3 Application of test currents

a) High-voltage side

The power transformer circuit is supplied with sufficient current to generate the total rated losses of the power 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 power transformer no-load losses.

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

b) Low-voltage side

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

The temperature measurements of ambient air, high-voltage switchgear and controlgear, high-voltage interconnection, power transformer, low-voltage interconnection, low-voltage switchgear and controlgear, and air inside the prefabricated substation shall be made according to 7.5.104.

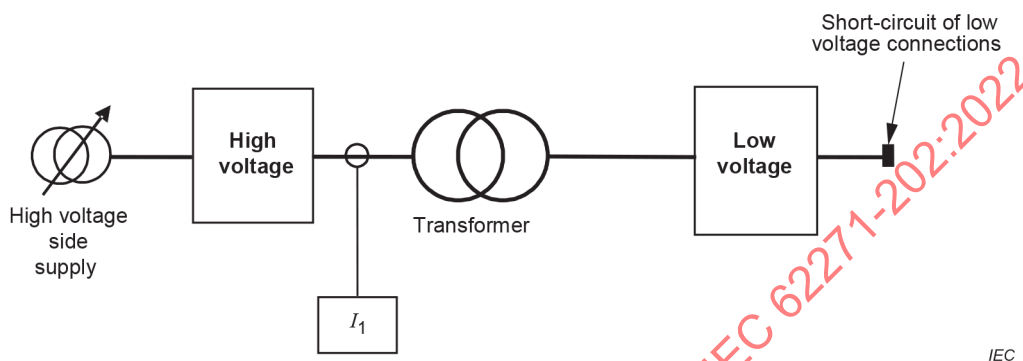
7.5.103.2.3 Alternative method

7.5.103.2.3.1 General

This method requires one single supply of current.

7.5.103.2.3.2 Connection of supplies

The high-voltage switchgear and controlgear with its tee-off (fuses with correct rating or circuit-breaker), the high-voltage/low-voltage power transformer and the low-voltage switchgear and controlgear shall be connected. Selected outgoing terminals of the low-voltage switchgear and controlgear shall be short-circuited in order to distribute the current according to the worst possible 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. The supply shall be connected to the incoming terminals of the high-voltage switchgear and controlgear (see Figure 4).



Key

I_1 for liquid-immersed power transformers, current in accordance with step 1 and step 2 of 7.5.103.2.3.3 or for dry-type power transformers, rated current in accordance with step 2 of 7.5.103.3

Figure 4 – Diagram of the continuous current test alternative method

7.5.103.2.3.3 Application of test currents

For a continuous current test on a prefabricated substation equipped with a liquid-immersed power transformer, the application of test currents should follow the method as described in 7.3.2 of IEC 60076-2:2011 consisting of the two following consecutive steps.

Step 1:

Sufficient current shall be supplied to the prefabricated substation such that the power transformer generates its total rated losses, at its reference temperature, using the method defined in IEC 60076-2:2011. This step is continued until a steady-state power transformer top oil temperature rise is established. The top oil and ambient air temperature measurements shall be made in accordance with 7.5.104.2 and 7.5.104.1, respectively.

In order for the power transformer to generate its rated total losses inside the enclosure, it is considered sufficient to supply the same magnitude of current that was required for the power transformer to generate its total rated losses outside the enclosure (i.e. on its own – refer to Figure 1).

NOTE The total power supplied to the complete prefabricated substation will be higher than the power transformer total rated losses due to the connection of the low-voltage switchgear assembly.

Step 2:

The supply current is reduced so that the high-voltage rated current of the power transformer is injected for 1 h in accordance with IEC 60076-2:2011. At the end of the second step, the low-voltage switchgear and controlgear, low-voltage interconnection, and high-voltage interconnection temperature measurements shall be made in accordance with 7.5.104.3 and 7.5.104.4, respectively. The ambient air temperature shall be measured in accordance with 7.5.104.1. The measurement of the air temperature inside the prefabricated substation and on the accessible surfaces of high-voltage switchgear and controlgear shall be made in accordance with 7.5.104.5 and 7.5.104.4, respectively.

7.5.103.3 Dry-type power transformers

For a continuous current test on a prefabricated substation equipped with a dry-type power transformer, a three step method is used to accurately measure the temperature rises of the transformer as well as all other components according their respective standards.

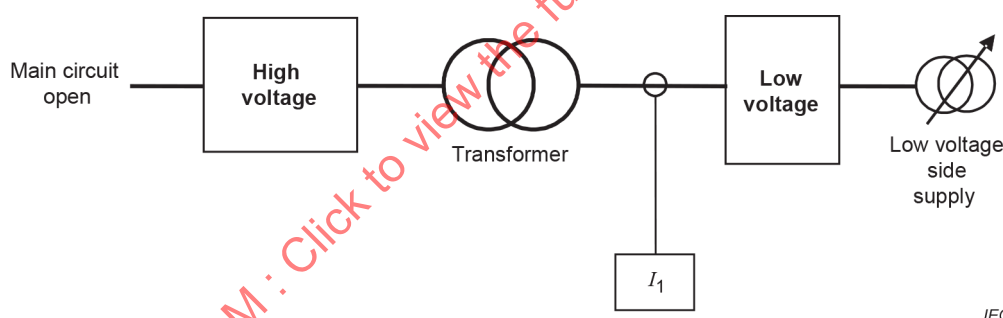
For the transformer, the method for the continuous current test should follow the simulated load method as described in IEC 60076-11:2018 consisting of two consecutive steps (step 1: no-load test/step 2: load test and calculation of the temperature rise of the power transformer).

For all other components, an additional third test (step 3) is necessary to consider both no load and load losses of the dry-type transformer at the same time.

NOTE The total losses of the transformer are significantly higher than the losses of the other main components installed in the prefabricated substation and can have a significant effect on the temperature rise of other components.

Step 1:

The open-circuit test shall be performed in such a manner that the rated operating voltage (three-phase) at rated frequency is applied to the low-voltage winding of the power transformer via one of the outgoing feeders of the low-voltage switchgear and controlgear. The high-voltage winding is connected to the high-voltage switchgear and controlgear. The high-voltage main circuit is open (see Figure 5). After the steady state condition of the windings and magnetic core has been reached, individual winding temperatures of the power transformer shall then be measured in accordance with 14.3.2.4 of IEC 60076-11:2018. The ambient air temperature shall be measured in accordance with 7.5.104.1.



Key

I_1 no load current of the power transformer

Figure 5 – Diagram for open-circuit test

Step 2:

The connection of supplies is made according to 7.5.103.2.2.2 (Figure 3) or 7.5.103.2.3.2 (Figure 4).

The short-circuit test shall be performed in such a manner that 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 prefabricated 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 measurements of the individual windings shall be made in accordance with 14.3.2.4 of IEC 60076-11:2018.

After completion of the two steps above, the temperature rise of the power transformer is calculated by the formula given in 14.3.2.2.2 of IEC 60076-11:2018.

The ambient air temperature shall be measured in accordance with 7.5.104.1.

Step 3:

The test is performed using the preferred test method for the liquid-filled power transformer given in 7.5.103.2.2.

When the steady state condition of the windings and magnetic core is obtained, the temperature measurements of the individual windings shall be made in accordance with 14.3.2.4 of IEC 60076-11:2018 together with the low-voltage switchgear and controlgear, low-voltage interconnection, and high-voltage interconnection temperature measurements shall be made in accordance with 7.5.104.3 and 7.5.104.4, respectively. The ambient air temperature shall be measured in accordance with 7.5.104.1. The measurement of the air temperature inside the prefabricated substation and on the accessible surfaces of high-voltage switchgear and controlgear shall be made in accordance with 7.5.104.5 and 7.5.104.4 respectively.

7.5.104 Measurements

7.5.104.1 Measurement of ambient air temperature

The ambient air temperature is the average temperature of the air surrounding the prefabricated substation. It shall be measured during the last quarter of the test period or each test step (depending on test method) by means of at least four thermometers, thermocouples or other temperature-measuring devices equally distributed around the prefabricated substation at a distance of about 1 m from the prefabricated substation and at about the average height of its current-carrying parts or, in case of underground prefabricated substations, at the mid-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.

7.5.104.2 Power transformer

The top oil temperature rise for liquid-immersed power transformers shall be measured as given in IEC 60076-2:2011. The average winding temperature rises for dry-type power transformers shall be measured as given in IEC 60076-11:2018 (see 7.5.103.3).

The air temperature in the location where electronic equipment may be installed shall be measured. See 7.5.104.5.

7.5.104.3 Low-voltage switchgear and controlgear and low-voltage interconnection

The low-voltage switchgear and controlgear temperature rises shall be measured as given in 10.10 of IEC 61439-1:2020.

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. See 7.5.104.5.

7.5.104.4 High-voltage switchgear and controlgear and high-voltage interconnection

The temperature and temperature rise of the high-voltage switchgear and controlgear accessible parts expected to be touched in normal operation shall be measured as given in 7.5.6 of IEC 62271-1:2017.

The temperature and temperature rise of the high-voltage interconnections and their terminals shall be measured according to 7.5.6 of IEC 62271-1:2017.

The air temperature in the location where electronic devices may be installed shall be measured. See 7.5.104.5.

7.5.104.5 Air temperature inside the prefabricated substation

The air temperature(s) inside the prefabricated substation shall be measured.

The measurements shall be taken in front of the high-voltage switchgear and controlgear and the low-voltage switchgear, at the vertical middle plane at a distance of 100 mm (or less if not possible) at three different heights equally distributed from the bottom of the component to 2 m or to the roof if it is under 2 m. See example in Figure 6.

The measurements shall also be taken above the power transformer, at the vertical middle axis at 100 mm from the top of the power transformer and at 100 mm below the ceiling. See example in Figure 6.

In addition, for low-voltage compartments, for example communications box of the prefabricated substation, the air temperature shall be measured at the middle axis at three different heights equally distributed inside that compartment.

The average air temperature shall be measured during the last quarter of the test period at each measuring point by means of thermometers, thermocouples or other temperature-measuring devices.

NOTE See Annex H for further guidance on how these measurements can be used.

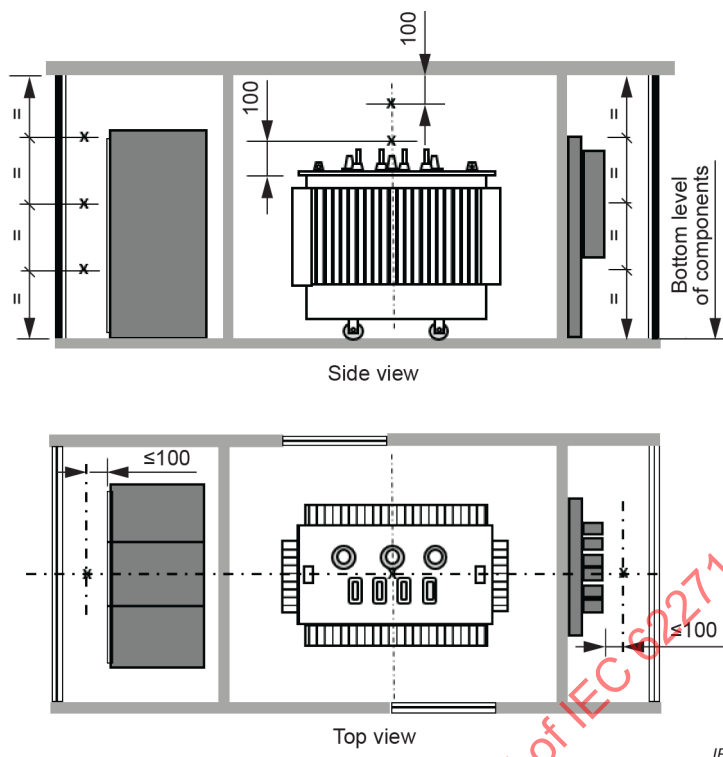


Figure 6 – Example of air temperature measurement locations inside a non-walk-in type prefabricated substation

7.5.105 Acceptance criteria

The prefabricated substation shall be deemed to have passed the continuous current test if:

- the power transformer temperature rises do not exceed the corresponding temperature rises measured on the same power transformer without an enclosure by more than the temperature class of the prefabricated substation (see Figure 1 and Figure 2);

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 1. The continuous current test can be used to determine the class of enclosure as long as criteria b), c), d) and e) are fulfilled.

- the temperature rises and temperatures of the terminals of the high-voltage interconnections do not exceed the requirements of 7.5.6 of IEC 62271-1:2017;
- the temperature rises and temperatures of low-voltage interconnections and low-voltage switchgear and controlgear do not exceed the requirements of 9.2 of IEC 61439-1:2020;
- the temperature rises and temperatures of the prefabricated substation enclosure and accessible parts of the high-voltage switchgear and controlgear do not exceed the requirements of IEC 62271-1:2017 for accessible parts expected to be touched in normal operation (see Table 14 of IEC 62271-1:2017);
- the temperature rise and temperature of any outer accessible part of the enclosure of the prefabricated substation shall respectively not exceed 30 K and 70 °C, excluding solar radiation effects.

Components in a prefabricated substation which are subject to individual specifications not covered by the scope of IEC 62271-1:2017, IEC 61439-1:2020, IEC 60076-2:2011 and IEC 60076-11:2018 shall not exceed the maximum permissible temperatures and temperature rise limits stated in the relevant standard for each component.

NOTE 2 For the power transformer, the load factor is taken into account in real conditions to comply with power transformer temperature limits. Refer to Annex D, and also to IEC 60076-7 and to IEC 60076-12:2008.

The air temperature measurements inside the prefabricated substation required in 7.5.104.5 shall be indicated in the test report for information and reference purposes. See also Annex H.

7.5.106 Continuous current test under solar radiation

If the effect of solar radiation could affect the performance of the high-voltage/low-voltage transformer prefabricated substation, the high-voltage/low-voltage transformer prefabricated substation may be subjected to a continuous current type test with simulated solar radiation in accordance with Annex G. The purpose of the test is to determine, under the conditions of continuous current and solar radiation, the additional temperature rise of the power transformer, the internal components, the air temperature inside the prefabricated substation and the accessible parts expected to be touched in normal operation. If necessary, the required derating of the prefabricated substation could then be determined. Alternatively, measures to reduce the exposure to and/or effect of solar radiation could be implemented.

The enclosure colour(s) used for the test should be included in the test report – with reference to the relevant colour standard used.

NOTE The test results can be transferred to prefabricated substations having lighter enclosure colours.

7.6 Short-time withstand current and peak withstand current tests

Subclause 7.6 of IEC 62271-1:2017 is replaced by the following text.

Since the high-voltage switchgear and controlgear, power transformer(s) and low-voltage switchgear and controlgear contained in a prefabricated substation have been type tested according to the relevant standards, 7.6 applies only to the high-voltage and low-voltage interconnections.

High-voltage and low-voltage interconnections of type-tested CEADS does not need to be tested again after installed inside the enclosure of a prefabricated substation.

Non-type-tested high-voltage interconnections shall be tested following the procedure described in 7.6 of IEC 62271-1:2017 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 power transformer is tested. All parts supporting the interconnection shall be maintained in place, as in-service condition, during the test. The test may be performed feeding the interconnection through the high-voltage switchgear and controlgear.

In particular, when the high-voltage interconnection is protected by current-limiting devices situated in the high-voltage switchgear and controlgear, provisions of 7.6.1 a) of IEC 62271-200:2021 are applicable.

Non-type-tested low-voltage interconnections shall be tested following the procedure described in IEC 61439-1:2020 for low-voltage switchgear and controlgear. The test currents will be applied in such a manner that the complete connection to the power transformer is tested. All parts supporting the interconnection shall be maintained in place, as in service condition, during the test.

The earthing circuits of the high-voltage switchgear and controlgear and neutral earthing (if any) of the prefabricated substation shall be tested. A test according to 7.6 of IEC 62271-1:2017 shall be performed between the earthing connection point of the high-voltage switchgear and controlgear and the prefabricated substation external earthing connection point. If applicable, an additional test according to 10.11.5.6 of IEC 61439-1:2020 shall be performed between the connecting point to earth of the neutral, i.e. protective conductor, and the prefabricated substation external earthing connection point.

It is not required to repeat the type tests on the 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. This is verified by using the electrical continuity check of 7.4.3.

7.7 Verification of the protection

Subclause 7.7 of IEC 62271-1:2017 is applicable.

7.8 Tightness tests

Subclause 7.8 of IEC 62271-1:2017 does not apply to the prefabricated substation assembly.

7.9 Electromagnetic compatibility tests (EMC)

For high-voltage switchgear and controlgear, 7.9 of IEC 62271-1:2017 is applicable, with the exception of the radio interference voltage test.

For low-voltage switchgear and controlgear, 10.12 of IEC 61439-1:2020 is applicable.

A test on a complete prefabricated substation is not necessary provided that the high-voltage switchgear and controlgear and the low-voltage switchgear and controlgear have been tested according to the relevant standards. However, for auxiliary and control circuits of the prefabricated substation neither belonging to high-voltage switchgear and controlgear nor to low-voltage switchgear and controlgear, 7.9.1.2 of IEC 62271-1:2017 applies.

7.10 Additional tests on auxiliary and control circuits

7.10.1 General

Subclause 7.10.1 of IEC 62271-1:2017 is applicable.

7.10.2 Functional tests

Subclause 7.10.2 of IEC 62271-1:2017 does not apply and it is replaced as follows:

A functional test of all low-voltage circuits, including electrical interlocks, shall be made to verify the functionality 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 5.9.

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

Mechanical operation, including mechanical interlocks, shall be tested regarding fail safe design aspects.

7.10.3 Verification of the operational characteristics of auxiliary contacts

Subclause 7.10.3 of IEC 62271-1:2017 is applicable.

7.10.4 Environmental tests

Subclause 7.10.4 of IEC 62271-1:2017 is applicable with the following limitations:

- tests do not apply for indoor switchgear and controlgear operated under normal service conditions as defined by Clause 4 of IEC 62271-1:2017;
- when the tests as stated in 7.10.4 of IEC 62271-1:2017 have been performed on the separate components of a representative auxiliary and control circuit, no further environmental tests are needed;
- when tests are performed, 7.10.4 of IEC 62271-1:2017 is applicable on a typical lay-out of the auxiliary and control circuits.

7.10.5 Dielectric test

Subclause 7.10.5 of IEC 62271-1:2017 is applicable.

7.11 X-radiation test for vacuum interrupters

Subclause 7.11 of IEC 62271-1:2017 does not apply to the prefabricated substation.

7.101 Calculations and mechanical tests

7.101.1 Wind pressure

The mechanical effects of the wind pressure on the prefabricated substation shall be verified by calculation. Refer to 6.101.

7.101.2 Roof loads

The mechanical effects of loads on the roof of the prefabricated substation shall be verified by calculation. Refer to 6.101.

7.101.3 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 C for the test procedure. Refer to 6.101.

7.101.4 Handling

The demonstration for sufficient mechanical strength during handling phases of the life-cycle, such as lifting, transportation and unloading, shall be carried out for each part of the prefabricated substation subject to be stressed during these phases of the life-cycle. This demonstration is done by calculation.

For this purpose, the prefabricated substation structural parts can be verified by appropriate structural calculation in accordance with regional or local regulations. In absence of such regulations, agreement between manufacturer and user is necessary to define the applicable building codes, considering where the prefabricated substation is manufactured and then installed. Refer to 6.101 and 11.3.2.

7.102 Internal arc test

7.102.1 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 controlgear and the high-voltage interconnections (see 3.3.104) with all doors closed (IAC-B) or with the door(s) used to give access to the high-voltage area open (IAC-A) (see 5.102).

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

The test does not assess the behaviour of the prefabricated substation under any condition of maintenance or work, when parts of the high-voltage switchgear and controlgear enclosure, including its low-voltage compartment, are open or dismantled.

In order to achieve IAC-A classification, the manufacturer of the prefabricated substation shall declare the sides of the high-voltage switchgear and controlgear that are accessible to the operator.

NOTE This document covers only internal arcs occurring in the high-voltage side of the prefabricated substation, including high-voltage interconnections (for example, between high-voltage switchgear and controlgear and power transformers). Internal arcs within the power transformers or the low-voltage switchgear and controlgear are not taken into account (see 6.103 for explanation of this exclusion).

Internal arcs inside the prefabricated 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 prefabricated substation or in any insulating fluid within the enclosure of the high-voltage switchgear and controlgear will cause an internal overpressure and local overheating which will result in mechanical and thermal stressing of the enclosure of the prefabricated substation. Moreover, the materials involved may produce hot decomposition products, either gaseous or vaporous, which may be discharged within the prefabricated substation and later to the outside of it.

The internal arcing class IAC makes allowance for internal overpressure acting on covers, door(s), 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 can 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 vicinity of the prefabricated substation is not covered by this test.

7.102.2 Test conditions

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

For required tests, see Figure A.4, Figure A.5, Figure A.6 and Figure A.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 can 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 prefabricated substation which prevents to make them inoperative without modification of the construction, the prefabricated substation may be tested with the device operative; but the prefabricated 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 controlgear and having incoming high-voltage cables directly connected to the bushings of the power 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. See Clause A.6;
- a single or two-phase test in the case of plug-in insulated connections. See Clause A.6.

If the main circuit of the high-voltage compartment under test includes current limiting devices (e.g. fuses), the point of initiation of the arc shall be upstream from the current limiting device.

7.102.3 Arrangement of the equipment

The following points shall be observed:

- tests shall be carried out on a prefabricated substation not previously subjected to arcing, or, if subjected, being in a condition which does not affect the result of the test. However, in some cases, the tests may be performed in a room simulating the prefabricated substation (see Clause A.2);
- the prefabricated 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 prefabricated substation shall be connected to earth at the point provided.

7.102.4 Test procedure

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

7.102.5 Criteria to pass the test

7.102.5.1 Prefabricated substation Class IAC-A

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

- the five criteria as in 7.105.5 of IEC 62271-200:2021 have been met after every internal arc test on the high-voltage switchgear and controlgear, listed in Figure A.4, with the following addition:

criteria No. 2 and No. 3 only apply to the declared accessible side(s) of the high-voltage switchgear and controlgear by the prefabricated substation manufacturer;

NOTE 1 Where the design of the prefabricated 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 A.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 ejection of fragments or other parts of the prefabricated substation of an individual mass of 60 g or more occur.
- Objects of an individual mass of 60 g or more falling to the floor in the immediate vicinity of the high-voltage interconnection are accepted (in the case of accessible sides, this means between the high-voltage interconnection and the indicator rack).
- 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. Visual inspection is generally sufficient to assess compliance. In case of doubt, the continuity of the earthing connection shall be checked according to 7.4.3.

7.102.5.2 Prefabricated substation class IAC-B

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

- Criterion No.1 Correctly secured doors and covers of the prefabricated substation do not open. Deformations are accepted, provided that no part comes as far as the position of the indicators in every side. The prefabricated substation does not need to comply with its IP code after the test.
- Criterion No.2 No fragmentation of the enclosure occurs.
- No ejection of fragments or other parts of the prefabricated substation of an individual mass of 60 g or more occur.
- Objects of an individual mass of 60 g or more falling to the floor in the immediate vicinity of the prefabricated substation are accepted (in the case of accessible sides, this means between the prefabricated substation and the indicator rack).
- Criterion No.3 Arcing does not cause holes in the accessible surfaces of the enclosure where indicators are placed according to A.3.2 b).
- 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 according to 7.4.3.

7.102.5.3 Prefabricated substation class IAC-AB

Prefabricated substations which meet the requirements according to 7.102.5.1 and 7.102.5.2 are qualified as class IAC-AB.

7.102.6 Test report

The following information shall be given in the test report:

- identification of test object: comprehensive list of drawings and documents to identify critical aspects of the design regarding ventilation, gas cooling and exhausting path;
- rating and description of the prefabricated 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 high-voltage switchgear and controlgear to the floor and/or to the walls;
- high-voltage switchgear and controlgear type, ratings and assembly, as well as a specific mention to high-voltage switchgear and controlgear internal arc classification, if any;
- type of high-voltage interconnections;
- distances from high-voltage switchgear and controlgear and high-voltage interconnections to doors, covers and ventilation openings;
- arrangement of the test connections;
- spatial dimensional arrangement of main components;
- point and method of initiation of the internal arc;
- drawings or photos of test arrangement (test specimen and mounting frame of indicators);
- applied voltage and frequency;
- for the prospective or test current:
 - a) RMS value of the AC component during the first three half-cycles;
 - b) highest peak value;
 - c) average RMS value of the AC component over the actual duration of the test;
 - d) test duration;
- arc duration;
- oscillogram(s) showing currents and voltages;
- assessment of the test results, including a record of the observations in accordance with 7.102.4;
- 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.

7.102.7 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 may be transferred to another one (refer to 7.1) provided that the original test was equal or more onerous and that the design under consideration can be considered as similar to the one tested in all of the following characteristics:

- 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 openings;
- performance of the pressure relief device, if any.

IEC TR 62271-312 [17] can be referred to for guidance on transferability of type tests.

7.103 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 [16].

8 Routine tests

Clause 8 of IEC 62271-1:2017 is applicable with the following additions and exceptions.

8.1 General

Subclause 8.1 of IEC 62271-1:2017 applies with following addition.

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 IEC component standard, and for the assembly the following routine tests and verifications apply:

- dielectric test on the high-voltage interconnection in accordance with 8.2;
- test on auxiliary and control circuits in accordance with 8.3;
- measurement of the resistance of the main circuit in accordance with 8.4;
- design and visual checks in accordance with 8.6;
- functional tests in accordance with 8.101;
- test after assembly on site in accordance with 8.102.

8.2 Dielectric test on the main circuit

A power-frequency voltage test shall be performed according to 8.2 of IEC 62271-1:2017 on the high-voltage interconnection between high-voltage switchgear and controlgear and the power transformer.

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

8.3 Test on auxiliary and control circuits

8.3.1 Inspection of auxiliary and control circuits, and verification of conformity to the circuit diagrams and wiring diagrams

Subclause 8.3.1 of IEC 62271-1:2017 is applicable.

8.3.2 Functional tests

Subclause 8.3.2 of IEC 62271-1:2017 is replaced by the following text.

A functional test shall be made to prove the operation of auxiliary and control circuits (including electrical interlocks according to 6.12) in conjunction with the other parts of the prefabricated substation assembly.

The tests shall be performed with the upper and lower value limits of the supply voltage defined in 6.9 of IEC 62271-1:2017.

8.3.3 Verification of protection against electric shock

Subclause 8.3.3 of IEC 62271-1:2017 is applicable.

8.3.4 Dielectric tests

Subclause 8.3.4 of IEC 62271-1:2017 is applicable.

8.4 Measurement of the resistance of the main circuit

Subclause 8.4 of IEC 62271-1:2017 is applicable with the following addition:

Where there is no continuous current test for the configuration being tested, the conditions of the test and the limits of resistance values shall be given by the manufacturer of the prefabricated substation.

8.5 Tightness test

Subclause 8.5 of IEC 62271-1:2017 does not apply to the prefabricated substation assembly.

8.6 Design and visual checks

Subclause 8.6 of IEC 62271-1:2017 is replaced by the following text.

The prefabricated substation assembly shall be checked to verify its compliance with the purchase specification, if any.

8.101 Other functional tests

Following loading, transportation, storage and unloading on site of the package substation, functional testing of the products and assemblies shall be carried out to ensure correct operation in accordance with a list defined within the manufacturer's instruction for use as specified in 11.3.7.

Locking devices according to 6.12, which are interlocked to provide the correct sequence of operation for the equipment, shall be tested to prove operation.

The electrical continuity of the earthing circuits of the prefabricated substation assembly shall be verified by visual inspection or if impracticable by the electrical continuity check of 7.4.3.

8.102 Tests after assembly on site

Already routine tested prefabricated substations, which are partially disassembled for transport and then assembled on site, shall be tested again on parts and connections assembled on site to ensure correct operation in accordance with 8.2, 8.3.2, 8.3.3, 8.3.4, 8.4 and 8.101.

In addition, all routine tests of Clause 8, which have not been performed at manufacturer's premises, shall be performed on site.

9 Guide to the selection of switchgear and controlgear (informative)

Clause 9 of IEC 62271-1:2017 is replaced by the following subclauses:

9.101 General

Prefabricated substations can 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 5 provides a summary of the considerations for specifying prefabricated substations.

Sudden changes in humidity and/or temperature of the air can result in water condensation. When condensation persists inside the prefabricated substation despite the precautions taken, for example the ones mentioned in informative Annex C of IEC TS 62271-304:2019 [3], the installation of enclosed switchgear and controlgear class 1: $C_L P_0$ or class 2: $C_H P_0$ according to IEC TS 62271-304:2019 [3], specified respectively for indoor service conditions with "non-frequent condensation", i.e. not more than twice a month, or with "frequent condensation", i.e. more than twice a month, can be a solution to reduce the ageing of the insulation and of the mechanisms of the switchgear and controlgear due to the presence of condensation inside.

For installation of the prefabricated substation in polluted ambient air, the category of corrosivity of the atmosphere should be specified in accordance with ISO 9223 [19] for the experienced or expected corrosion rate during the first year, and in accordance with the ISO 9224 [20] for average corrosion rates along the expected lifespan under such service conditions. In addition, the main pollutant(s), the concentration and/or the deposit and the time of wetness (hours/year) should be indicated. These parameters and the category of the corrosivity should be assessed for the service conditions inside the prefabricated substation.

9.102 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 document regarding the characteristics of the system as well as its anticipated future development. The complete list of ratings is given in Clause 5. Other parameters, such as local atmospheric and climatic conditions and the use at altitudes exceeding 1 000 m, shall also be considered.

9.103 Selection of class of enclosure

The class of enclosure is selected from the (average) ambient air temperature at the site, the load factor and temperature rise limits of the power transformer.

Annex D can be used to determine the class of the enclosure or the load factor of the power transformer. It gives some examples to demonstrate relationships and constraints between class of enclosure, load factor and ambient air temperature for the standard temperature rise limits as defined in IEC 60076-2:2011 and IEC 60076-11:2018. For variable load conditions, a correction factor can be applicable according to IEC 60076-7:2018 or IEC 60076-12:2008.

Information given by the manufacturer on the class of enclosure for a specific prefabricated substation is based on the type test of the prefabricated substation with given ventilation opening grids and with its rated power and associated power transformer total losses to not exceed its temperature rise limits, applied continuously (in accordance with 7.5).

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 can be unnecessarily strong, compared with the required one, to avoid overheating of the power 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 rating and losses. The user can also specify a higher temperature class, if the required power and associated power transformer total losses are lower than the type-tested version.

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

NOTE 1 The ageing rate of the power transformer increases with the temperature of the power transformer according to IEC 60076-7:2018, Clause 6, and IEC 60076-12:2008, Clause 5.

NOTE 2 The temperature rise in the interior of the prefabricated substation can affect the performance of parts of the high-voltage switchgear and controlgear. As an example, the guide for the application of fuses IEC TR 62655 [21] 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 prefabricated substation. In such a case, measures can be taken according to the instructions of the supplier's instructions for use of the temperature sensitive equipment.

9.104 Internal arc fault

9.104.1 General

When selecting a prefabricated substation, the risk associated with 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 51:2014 [22], 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 51:2014 [22] on the concept of safety).

Therefore, the selection of a suitable prefabricated 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 51:2014 [22]. This procedure is based on the assumption that the user has a role to play in the reduction of risk.

9.104.2 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 3 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.

9.104.3 Supplementary protective measures

The first protective measure, if the risk of an internal arc fault is not negligible, is to specify IAC classified prefabricated substations.

Other measures can be adopted to provide 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 power 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 3 – 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)
High-voltage 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, for example, 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 4) Use of gas-filled high-voltage 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

9.104.4 Considerations for the selection and installation

When selecting the prefabricated substation, the user should consider the characteristics of the network, operating procedures, service conditions and the protection of the persons and public (if any). It should also be considered that not all prefabricated substations will be IAC classified.

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

- where the risk is considered negligible, an IAC classified prefabricated substation is not necessary;
- where the risk is considered relevant, an IAC classified prefabricated substation 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 manufacturer's instructions for use should be followed (refer to Clause 11). In particular, the location of personnel during an internal arc event is important. In case of walk-in-type prefabricated substations, the manufacturer should indicate which areas of the prefabricated substation are classified as accessible during an internal arc event, according to the tested IAC classification, and the user should consider with care this information when allowing personnel to enter an area not designated as accessible which could lead to personnel injury.

The protection of persons under normal operating conditions as defined in 7.102.1 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 within the high-voltage switchgear and controlgear or high-voltage interconnection will cause an internal overpressure and local overheating which will result in mechanical and thermal stressing of the prefabricated substation enclosure. Moreover, the materials involved will produce hot decomposition products, either gaseous or vaporous, which can be discharged inside and outside of the prefabricated 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.

9.104.5 IAC classification

Classification IAC gives a tested level of protection of persons when the prefabricated substation is under normal operating conditions. Protection of persons during maintenance conditions is not covered by this classification.

In the case where classification IAC is proven by the tests, according to 7.102, 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 high-voltage 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 4. 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 prefabricated substation in respect of type of connection and position of the power transformer, the high-voltage switchgear and controlgear, and the low-voltage switchgear and controlgear. The outcome of the test is also dependent on the type of switchgear and controlgear, their ratings and its specific layout when installed in the prefabricated substation.

The decision of an internal arc classified design restricts the choice of switchgear and controlgear used in the prefabricated substation.

Once an internal arc type test has been carried out on a prefabricated substation of a certain reference design, the assignment of the same internal arc classification to a given prefabricated substation of the same reference design, subsequently manufactured, requires that it complies with the spatial arrangement of the main components, covers, doors, ventilation openings and compartmentation of the unit subjected to the internal arc type test. However, differences due to changes in technology or functional requirements can be assessed referring to the transferability of type test results (see also 7.102.7).

Table 4 – 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 is sometimes not applicable and the user can specify a reduced single phase-to-earth arc fault current rating.	

9.105 Summary of technical requirements and ratings

Technical requirements, characteristics and ratings relevant for prefabricated substation are summarized in Table 5.

Table 5 – Summary of technical requirements, characteristics and ratings relevant for prefabricated substations

Information	Unit	Subclause or clause of this document	Reference to	Information exchanges during enquiries (E) and orders (O) and tenders (T) ^b	
				Information	Life stage
System details					
System			User IEC 61936-1		E-O
Nominal system voltage	kV				
Highest voltage of a system	kV				
Frequency	Hz				
System neutral earthing					
Circuit diagram					
Services conditions					
Ambient air temperature:		Clause 4	High-voltage: IEC 62271-1:2017		E-O-T
Average	°C				
Minimum	°C				
Maximum	°C				
Altitude	m				
Water vapour pressure					
Average	kPa				E-O-T if any
Medium	kPa				
Solar radiation	W/m ²		IEC 60721-2-4:2018		
Pollution	Level		IEC 60815-1:2008		E-O-T if any
Classification of high-voltage switchgear and controlgear for special service conditions	class		IEC TS 62271-304:2019		E-O-T if different of C ₀ P ₀
Ice coating	mm		IEC 62271-1:2017		E-O-T if any
Windblown dust	mg/m ³		IEC 60721-3-4		
	m/s				
Windblown sand	mg/m ³		IEC 60721-3-4		
	m/s				
Wind	m/s		IEC 60721-2-2:2012		E-O if > 34 m/s
			IEC 62271-1:2017		
Snow load on the roof	N/m ²		IEC 60721-2-2:2012		E-O if > 2 500 N/m ²
Risk of earth tremors	SL1/SL2		IEC 60721-2-6:1990 [23] IEC TS 62271-210:2013 [24]		E-O-T if any
Risk of other vibrations			IEC 60721-1:1990, IEC 60721-1:1990/AMD1:1992 and IEC 60721-1:1990/AMD2:1995		
Induced electromagnetic disturbance in auxiliary and control circuits	kV	Clause 4	IEC 62271-1:2017		
Pollution		4.2.3 9.101	IEC 62271-202		

Information		Unit	Subclause or clause of this document	Reference to	Information exchanges during enquiries (E) and orders (O) and tenders (T) ^b	
					Information	Life stage
Ratings and characteristics of the prefabricated substation						
Rated high-voltage		kV	5.2	IEC 62271-1-2017		E-O-T
Rated low-voltage		V		IEC 61439-1 and IEC 60947-1		
Rated voltages for windings of the power transformer (HV/LV, HV/HV)		kV/kV		IEC 60076-1:2011		
Number of phases			10.1	IEC 62271-202		
Type of high-voltage neutral earthing				User		
Maximum expected value of earth fault current		kA		IEC 62271-202		
Type of low-voltage neutral earthing				User		
Maximum expected value of earth fault current		kA		IEC 62271-202		
Rated power of the prefabricated substation			5.101.1	IEC 62271-202		
	Highest rated power	kVA		IEC 62271-202		
	Rated losses of the power transformer	W		IEC 60076-1:2011 IEC 60076-11:2018 IEC 60076-2:2011		
	Temperature rise limits of the power transformer	K				
Sound level		dB	Annex B	IEC 60076-10:2016		E-O-T if any
Class of enclosure		class	5.101.2	IEC 62271-202		E-O-T
Load factor of power transformer		% I_r	3.7.103	IEC 60076-7:2018 IEC 60076-12:2008		
Internal arc classification		IAC	6.103	IEC 62271-202		E-O-T if any
	Classification	IAC-A IAC-B IAC-AB				
	Arc fault current	kA				
	Arc fault duration	s				

Information	Unit	Subclause or clause of this document	Reference to	Information exchanges during enquiries (E) and orders (O) and tenders (T) ^b	
				Information	Life stage
Rated insulation levels (high-voltage)		5.3	IEC 62271-1:2017		E-O-T
Rated short-duration power-frequency withstand voltage (U_d)	kV				
Common value	kV				
Across isolating distance	kV				
Rated lightning impulse withstand voltage (U_p)	kV				
Common value	kV				
Across isolating distance	kV				
Rated insulation levels (low-voltage)			IEC 61439-1 IEC 60947-1		E-O-T
Rated short-duration power-frequency withstand voltage (U_d)	kV				
Common value	kV				
Across isolating distance	kV				
Rated lightning impulse withstand voltage (U_p)	kV				
Common value	kV				
Across isolating distance	kV				
Rated frequency (f_r) High-voltage	Hz	5.4	IEC 62271-1:2017		
Rated frequency (f_r) Low-voltage	Hz		IEC 61439-1 IEC 60947-1		

Information	Unit	Subclause or clause of this document	Reference to	Information exchanges during enquiries (E) and orders (O) and tenders (T) ^b	
				Information	Life stage
Rated continuous current (I_r)		5.5	IEC 62271-1:2017		E-O-T
High-voltage switchgear and controlgear					
Incomer	A				
Busbar	A				
Feeder	A				
Interconnection between high-voltage and power transformer	A				
Low-voltage switchgear and controlgear	A		IEC 61439-1		
Incoming					
Busbar	A				
Low-voltage outgoing	A				
Auxiliary circuits	A				
Rated short-time withstand current (I_k)		5.6			
High-voltage	kA		IEC 62271-1:2017		
Low-voltage	kA		IEC 61439-1		
Earth circuit	kA		IEC 62271-1:2017		
Rated peak withstand current (I_p)		5.7			
High-voltage	kA		IEC 62271-1:2017		
Low-voltage	kA		IEC 61439-1		
Earth circuit	kA		IEC 62271-1:2017		
Rated duration of short-circuit (t_k)		5.8			
High-voltage	s		IEC 62271-1:2017		
Low-voltage	s		IEC 61439-1		
Power transformer	s		IEC 60076-5:2006 IEC 60076-11:2018		
Earthing circuit	s		IEC 62271-1:2017		
Rated supply voltage of closing and opening devices and of auxiliary devices and control circuits (U_a) for high-voltage and low-voltage devices		5.9	IEC 62271-1:2017 IEC 61439-1		
Closing and tripping	V				
Indication	V				
Control	V				
Rated supply frequency of closing and opening devices and of auxiliary circuits		5.1			
High-voltage	Hz		IEC 62271-1:2017		
Low-voltage	Hz		IEC 61439-1		

Information	Unit	Subclause or clause of this document	Reference to	Information exchanges during enquiries (E) and orders (O) and tenders (T) ^b	
				Information	Life stage
Design and construction of the prefabricated substation ^a					
Degrees of protection:					
Enclosure with closed doors					
Low-voltage switchgear compartment (if different)					
Degree of protection of the high-voltage switchgear compartment (if different)		6.14	IEC 60529:1989, IEC 60529:1989/AMD1:1999 and IEC 60529:1989/AMD2:2013		
Degree of protection of the power transformer compartment (if different)					E-O-T
Type of components:					
High-voltage switchgear and controlgear					
Low-voltage switchgear and controlgear		Clause 1	User (for example, air or gas-insulated type switchgear and controlgear, liquid-immersed power transformer)		
Power transformer					
CEADS					
Prefabricated substation type:					
Operated from inside					
Operated from outside					
At ground level		A.3.2	User		
Partially below ground level					
Below ground level					
Rated values of power transformer(s)					
Power	kVA	5.101	IEC 60076-1:2011 IEC 60076-11:2018		E-O-T if any
Load losses P_{cu}	W				
No-load losses P_0	W				
Short-circuit impedance	%				
Liquid-immersed or dry type					
Materials of the enclosure		6.104.2.2	IEC 62271-202 and test information if any		
Surface treatment of the enclosure		10.1			
Mechanical impact energy	J	7.101.3	Annex C		
Mechanical stresses by					E-O-T
snow load on the roof	N/m ²	6.101 10.1	IEC 62271-202		
roof loads	N/m ²		IEC 62271-202		
wind pressure	N/m ²		IEC 62271-1:2017		
Weights					
Mass of each transport unit	kg	10.1	IEC 62271-202		T
Total mass of the prefabricated substation	kg				

Information		Unit	Subclause or clause of this document	Reference to	Information exchanges during enquiries (E) and orders (O) and tenders (T) ^b	
					Information	Life stage
General drawing of the enclosure			10.1	IEC 62271-202		E-O if maximum requirement T
	Layout of electrical equipment					
	Maximum length	mm				
	Maximum width	mm				
	Total height	mm				
	Length at ground level	mm				E-O if maximum requirement T
	Width at ground level	mm				
	Height above ground level	mm				
	External connections entrances	mm				E-O if minimum requirement T if any
	Clearance on each side					
	Volume of the retention tank (if any)	m ³				
Maximum admissible dimension for power transformer					IEC 62271-202	
	Maximum length	mm				
	Maximum width	mm				
	Maximum height	mm				
Instruction for use						
	Operation and maintenance					
	Transport and installation requirements					

^a Some information can be covered by local regulation such as building codes.

^b During enquiries (E), tenders (T) and orders (O), the empty fields of Table 5 in the "Information" column are intended to be filled in with a value or a classification, either by the user expressing a requirement, or by the manufacturer providing information relating to the ability of the substation or its equipment.

10 Information to be given with enquiries, tenders and orders (informative)

10.1 General

Subclause 10.1 of IEC 62271-1:2017 does not apply and it is replaced as follows.

Clause 10 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. See also Table 5, which summarises the technical requirements, characteristics and ratings relevant for the prefabricated substation with corresponding references.

10.2 Information with enquiries and orders

Subclause 10.2 of IEC 62271-1:2017 does not apply.

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

- a) system details. See Table 5;

- b) service conditions. See Table 5;
- c) ratings and characteristics of the prefabricated substation. See Table 5, and for any particular design arrangement such as earthing circuit solution (refer to Annex E), acceptability of using, where applicable, the enclosure as part of the earthing system (refer to 5.3), type of locking devices, labels, etc.

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.

10.3 Information with tenders

Subclause 10.3 of IEC 62271-1:2017 does not apply and it is replaced as follows:

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 10.2;
- 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 and controlgear, power transformer and low-voltage switchgear and controlgear);
- c) constructional features. See Table 5;
- d) list of recommended spare parts, which should be procured by the user on request;
- e) the characteristics of replacing elements, for example lamp tube(s) of lighting installation (if any);

NOTE Some national regulations include rules about lighting in substations.

- f) statement declaring that the prefabricated substation complies with this document.

11 Transport, storage, installation, operating instructions and maintenance

11.1 General

Subclause 11.1 of IEC 62271-1:2017 does not apply and it is replaced as follows:

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 the instructions given by the manufacturer.

Consequently, the manufacturer should provide instructions for the transport and storage, before delivery, and for erection, operation, maintenance, dismantling and disposal of a prefabricated substation, no later than the time of delivery. The instructions for the transport and storage should be given at a convenient time before delivery, and the instructions for the erection, operation, maintenance, dismantling and disposal should be given by the time of delivery at the latest.

NOTE IEC/IEEE 82079-1:2019 [25] provides principles and general requirements to elaborate information for the use of products along the different phases of the life-cycle of almost every product.

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.

11.2 Conditions during transport, storage and installation

Subclause 11.2 of IEC 62271-1:2017 does not apply and it is replaced as follows.

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 controlgear and as power transformers to avoid any damage due to foreseen vibration or shocks during transport.

11.3 Installation

11.3.1 General

Subclause 11.3.1 of IEC 62271-1:2017 does not apply and it is replaced as follows:

For each type of prefabricated substation, the instructions provided by the manufacturer should include at least 11.3.2, 11.3.3, 11.3.4, 11.3.6 (if applicable), 11.3.7 and 11.3.9.

11.3.2 Unpacking and lifting

Subclause 11.3.2 of IEC 62271-1:2017 does not apply and it is replaced as follows:

The mass and centre of gravity of each transport unit shall be declared by the manufacturer and labelled on each transport unit during the handling-phases.

Sufficient lifting brackets capable of lifting the transport mass of each unit shall be fitted as defined in 6.101 and 7.101.4.

Manufacturer's instructions for use shall state clearly the method of safely lifting the prefabricated substation and the need to remove the brackets if they are not suitable for continuous outdoor use.

NOTE ISO 17096 [26] provides safety requirements for some types of non-fixed load lifting attachments, which can be used for lifting and/or attach the prefabricated substation. Other reference standards exist specifically for lifting inserts and lifting systems for precast concrete elements, as for example VDI/BV-BS 6205 [27] or equivalent.

11.3.3 Assembly

Subclause 11.3.3 of IEC 62271-1:2017 does not apply and it is replaced as follows:

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.

11.3.4 Mounting

Subclause 11.3.4 of IEC 62271-1:2017 does not apply and it is replaced as follows:

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;
- specific ways for evacuation of gases during an internal arc, if required for IAC.

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

11.3.5 Connections

Subclause 11.3.5 of IEC 62271-1:2017 is applicable.

11.3.6 Information about gas and gas mixtures for controlled and closed pressure systems

Subclause 11.3.6 of IEC 62271-1:2017 is applicable.

11.3.7 Final installation inspection

Subclause 11.3.7 of IEC 62271-1:2017 is applicable with the following addition.

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.

11.3.8 Basic input data by the user

Subclause 11.3.8 of IEC 62271-1:2017 is applicable.

11.3.9 Basic input data by the manufacturer

Subclause 11.3.9 of IEC 62271-1:2017 is applicable.

11.4 Operating instructions

Subclause 11.4 of IEC 62271-1:2017 is applicable with the following addition.

Besides the particular operating instructions of each component, the manufacturer of the prefabricated substation shall provide the following additional information:

- a list of any special means or tools supplied for safety purposes, and their instructions for use;
- the operation of ventilation openings (if adjustable).

11.5 Maintenance

Subclause 11.5 of IEC 62271-1:2017 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.

12 Safety

Clause 12 of IEC 62271-1:2017 does not apply and it is replaced as follows.

12.101 General

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 can set up specific procedures for installation and operation.

Safety aspects of components are covered by the relevant product standards.

Subclauses 12.102 to 12.105 describe additional features providing protection to operators and general public against various hazards during the normal use of the prefabricated substation, as intended by the manufacturer.

12.102 Electrical aspects

- Earthing (indirect contact) (see 6.3).
- IP coding (direct contact) (see 6.14).

12.103 Mechanical aspects

- Mechanical stress (see 6.101).

12.104 Thermal aspects

- Flammability (see 6.104.2).
- Maximum temperature of accessible parts – see 7.5.105 d).

NOTE ISO 13732-1:2006 [28] and IEC Guide 117:2010 [29] address this matter.

12.105 Internal arc aspects

- Internal arc fault (see 6.103).

13 Influence of the product on the environment

Clause 13 of IEC 62271-1:2017 is applicable with following addition:

Precautions dealing with hazardous liquid retention and fire behaviour shall be considered which are respectively covered by 6.102 and 6.104.2.

Other precautions could be required by local regulations, such as requirements related to the environmental performance, material and energy efficiencies, for example power transformer losses, or those related to the influence of the product on the environment.

NOTE IEC 62430:2019 [30] describes principles, specifies requirements and provides guidance for organisations intending to integrate environmental aspects into the design and development in order to minimize the adverse environmental impacts of their products.

The manufacturer shall 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.

Annex A

(normative)

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

A.1 General

The test for accessibility type A is primarily aimed to verify the protection of operators in the accessible areas when operating the high-voltage switchgear and controlgear of the prefabricated substation. The protection of operators performing other activities at the prefabricated substation, particularly those that require opening other doors (e.g. at the low-voltage side) is not considered in this document. Therefore, during the test, all other doors, except the door giving access to the high-voltage switchgear and controlgear under test (high-voltage switchgear and controlgear and high-voltage interconnection) shall 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 vicinity of the prefabricated substation. Therefore, all doors shall be correctly closed to perform the test.

A.2 Room simulation

Internal arc tests aimed to verify the protection provided inside the prefabricated substation to operators shall be carried out using a representative specimen of the prefabricated substation. However, if impractical, for large prefabricated substations, these tests may be performed in a room simulating the operating area provided that the conditions are not less onerous respecting to the volume, strength of the enclosure, installation conditions and dimensional data of doors and covers, position and cross section of ventilation openings, hot gasses path and exhausting ducts, cooling or pressure relief devices as well as expansion volumes specifically designed to manage and control the effects of the arcing. 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 prefabricated substation is required for internal arc tests aimed at verifying the degree of protection provided outside the prefabricated substation. However, where the ground around the prefabricated substation is suspected to contribute to the performance of the prefabricated substation, simulation of the ground surface might be required.

If the manufacturer claims that the design of the prefabricated substation requires that the cable access way and/or any other additional exhausting duct shall 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 11.3.4) for the IAC classification to be valid.

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

A.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 A.1).

Dimensions in millimeters

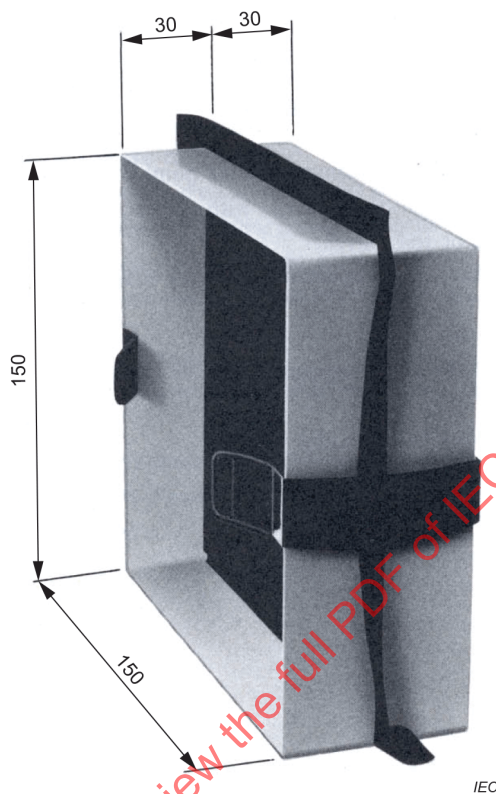


Figure A.1 – Mounting frame for vertical indicators

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 A.2).

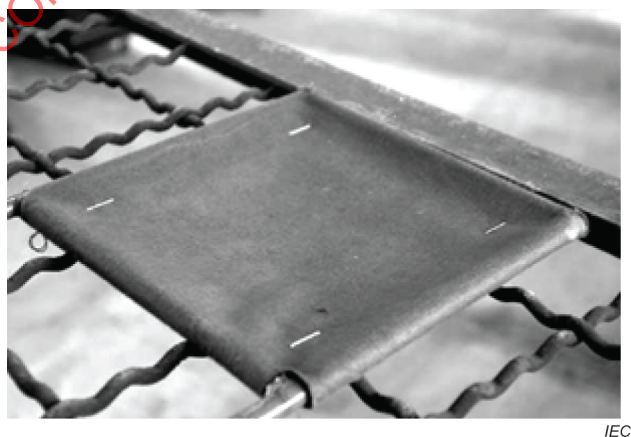


Figure A.2 – Horizontal indicators

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

A.3.2 Arrangement of indicators

Indicators shall be placed on mounting racks, in a checkerboard pattern covering 40 % to 50 % of the area, 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 at least 100 mm longer at both sides than the specimen under test in case of accessibility type B, or at least 300 mm longer at both sides in case of accessibility type A, provided that the layout of the prefabricated substation or the test arrangement do not limit this extension.

In all cases, the distance from the indicators to the relevant parts of the prefabricated substation under test is measured from the surface of those parts, disregarding protruding elements (for example, handles, frame of apparatus and so on). If the surface is not regular, the indicators should be placed to simulate as realistically as possible the position that an operator in standing position (accessibility type A) or a person (accessibility type B) can adopt in proximity of the equipment, at the required distance, according to type of accessibility.

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

i) Walk-in type prefabricated substations

When performing the test of the internal arc within the high-voltage switchgear and controlgear in a walk-in type prefabricated substation (5.102.2 a)), arrangement of indicators shall follow the requirements of Annex A of IEC 62271-200:2021 for accessibility type A but limited to the sides of the high-voltage switchgear and controlgear declared accessible by the prefabricated substation manufacturer (see Figure A.3 b).

NOTE 1 Normally some kind of barrier or obstacle provides an "out-of-reach" condition with respect to an open-air conductor or connector.

In addition, when the design of the prefabricated 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 shall be placed at a distance of 100 mm (± 5 mm) from the floor and covering the whole area between 300 mm (± 30 mm) and 800 mm (± 30 mm) from the high-voltage switchgear and controlgear (see Figure A.3 c);
- in other cases, this horizontal rack is not necessary.

ii) Non-walk-in type prefabricated substations

When performing the test of internal arc within the high-voltage switchgear and controlgear in a non-walk-in type prefabricated substation (5.102.2 b)), the indicators shall be located in front of the operating side(s) (with door(s) required for normal operation open) at 300 mm (± 15 mm) from the switchgear and controlgear. If the front of the high-voltage switchgear and controlgear is more than 300 mm inside the prefabricated substation, the indicators shall be placed in the position of the closed doors. Indicators shall also be arranged horizontally at a height of 2 m (± 50 mm) above the ground level as described in Figure A.3 a and Figure A.3 g, and covering the whole area between 300 mm (± 30 mm) and 800 mm (± 30 mm) from the high-voltage switchgear and controlgear.

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

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

Where the design of the non-walk-in type includes a volume below the ground to receive the exhausting gases around the prefabricated 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 shall be placed at a distance of 100 mm (± 5 mm) from the floor (see Figure A.3 d) and covering the area between 300 mm (± 30 mm) and 800 mm (± 30 mm) from the high-voltage switchgear and controlgear.

iii) Underground prefabricated substations

When performing the internal arc test within the high-voltage switchgear and controlgear in a walk-in type underground prefabricated substation (Figure A.3 j), arrangement of indicators shall follow the requirements of Annex A of IEC 62271-200:2021 for accessibility type A.

When performing the internal arc test within the high-voltage switchgear and controlgear in a non-walk-in type underground prefabricated substation, the indicators shall be horizontally located over the operation access cover (in open position) at 100 mm (± 5 mm) from the operation access as described in Figure A.3 k. Additionally, the whole perimeter of the operation access cover above ground shall be arranged with indicators, in a vertical panel, separated 300 mm (± 15 mm) from the limits of the cover. The same pattern shall be placed for any other cover, in closed position, where gas is likely to be emitted (for example, joints). If the operating front of the high-voltage switchgear and controlgear is more than 300 mm inside the prefabricated substation, the indicators shall be placed in the position of the closed operation access cover at ground level. For ventilation openings, two designs shall be considered:

- horizontal ventilation openings: indicators shall be arranged horizontally at a height of 100 mm (± 5 mm) above the ground level as described in Figure A.3 k, and covering the whole area and extended horizontally to 300 mm (± 30 mm) from the ventilation openings.
- vertical ventilation openings: indicators shall be arranged following the ventilation chimney surface at a distance of 100 mm (± 5 mm) as described in Figure A.3 k. For the rest of horizontal elements where gas is likely to be emitted (for example, joints), indicators shall be arranged horizontally at a height of 100 mm (± 5 mm) as described in Figure A.3 k, and covering the whole area and extended horizontally to 300 mm (± 30 mm) from the limits of the elements.

NOTE 2 All these indicators are specified to cover the case of public having no restriction to ventilation openings.

iv) All types of prefabricated substations

When performing the internal arc test on high-voltage interconnections, the indicators shall be located at 300 mm (± 15 mm) distance from every accessible side of the interconnection in front of which the operator may stand in normal operating conditions, according to the prefabricated substation manufacturer.

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

All doors and covers shall be closed and secured as in normal conditions, when no operation is carried out in the prefabricated substation.

Except for underground prefabricated, substations indicators shall be fitted vertically all around the prefabricated substation up to 2 m (± 50 mm) above the ground level. However, if the actual height of prefabricated substation is lower than 1,9 m, vertical indicators shall be fitted up to a height 100 mm (± 50 mm) higher than the test specimen (see Figure A.3 e).

The distance from the indicators to the prefabricated substation shall be 100 mm (± 5 mm).

If the prefabricated 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 A.3 e, and covering the whole area between 100 mm (± 30 mm) and 800 mm (± 30 mm) from the prefabricated substation.

If the prefabricated substation is lower than 1,9 m, indicators shall be placed instead 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 facing the openings at a distance of 100 mm (± 5 mm) (see Figure A.3 h).

If the roof of the prefabricated substation is not horizontal, the indicators shall follow its slope at a distance of 100 mm (± 5 mm).

Where the design of the prefabricated substation includes a volume below the ground to receive the exhausting gases around the prefabricated 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 shall be placed at a distance of 100 mm (± 5 mm) from the cover (see Figure A.3 f);
- in other cases, this horizontal rack is not necessary.

When an underground prefabricated substation (below ground level) is considered, two designs shall be considered:

- underground prefabricated substation with horizontal ventilation openings: the same procedure shall apply. Indicators shall be arranged horizontally at a height above the ground level as described in Figure A.3 i, and covering the whole area and extended horizontally to 300 mm (± 30 mm) from the ventilation openings. The same pattern shall be placed for the manhole and any other cover where gas is likely to be emitted (for example, joints).
- underground prefabricated substation with vertical ventilation openings: indicators shall be arranged following the ventilation chimney surface at a distance of 100 mm (± 5 mm) as described in Figure A.3 j. For the rest of horizontal elements, manhole and covers, indicators shall be arranged horizontally at a height of 100 mm (± 5 mm) and covering the whole area and horizontally to 300 mm (± 30 mm) from the elements.

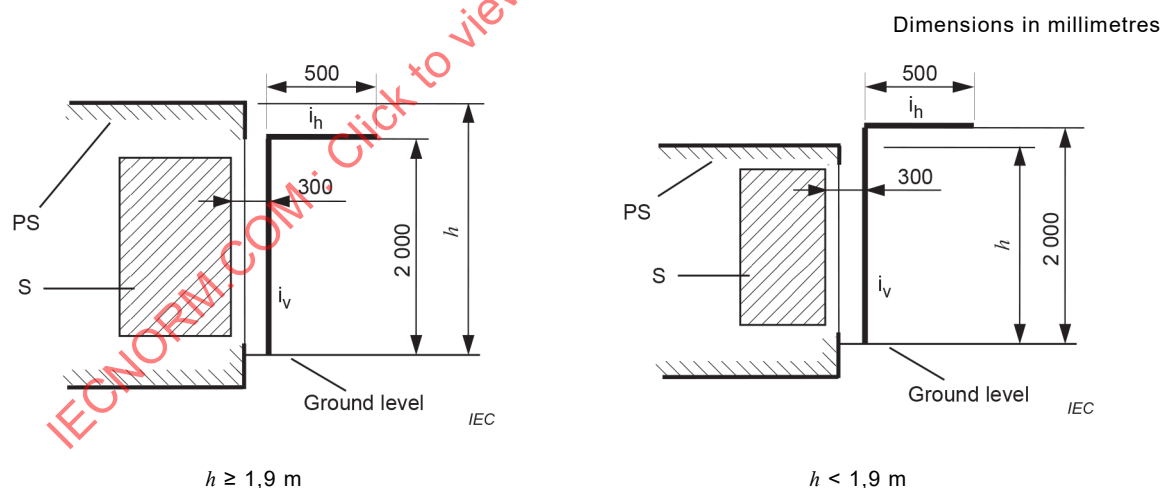


Figure A.3 a – Protection of operators in front of the open side of a non-walk-in type prefabricated substation

Dimensions in millimetres

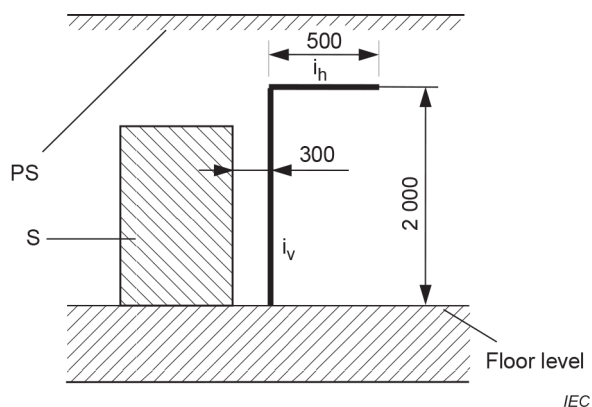


Figure A.3 b – Protection of operators in front of the high-voltage switchgear and controlgear in a walk-in type prefabricated substation

Dimensions in millimetres

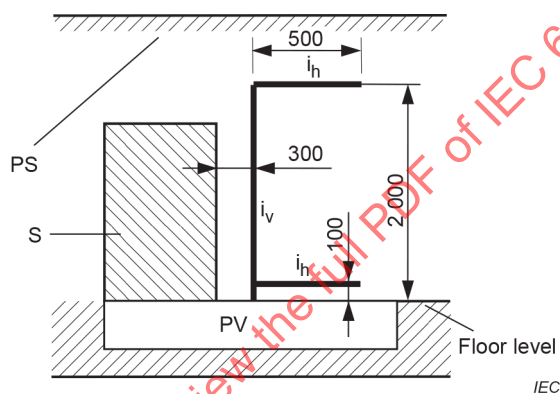


Figure A.3 c – Protection of operators in front of the high-voltage switchgear and controlgear in a walk-in type prefabricated substation having a pressure relief volume below the floor

Dimensions in millimetres

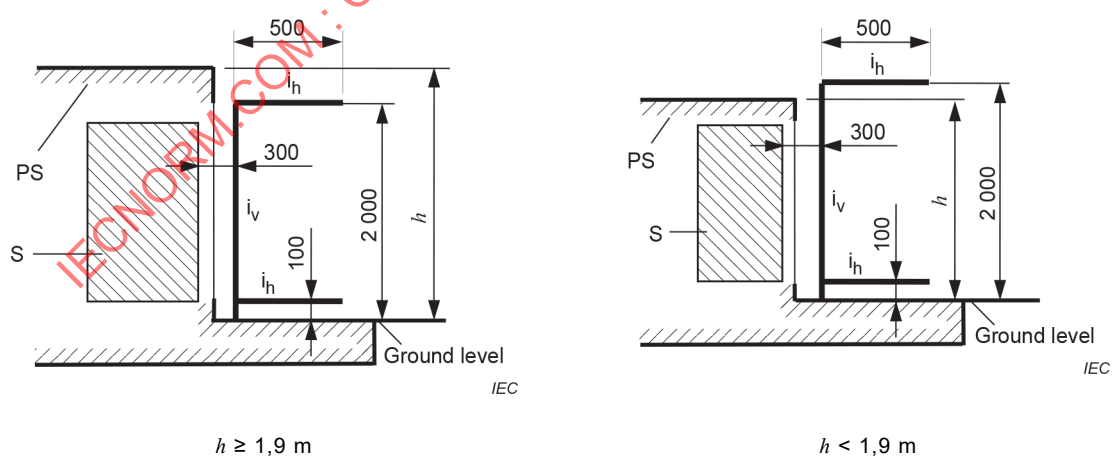


Figure A.3 d – Protection of operators in front of the open side of a non-walk-in type prefabricated substation, having an external pressure relief volume below the ground

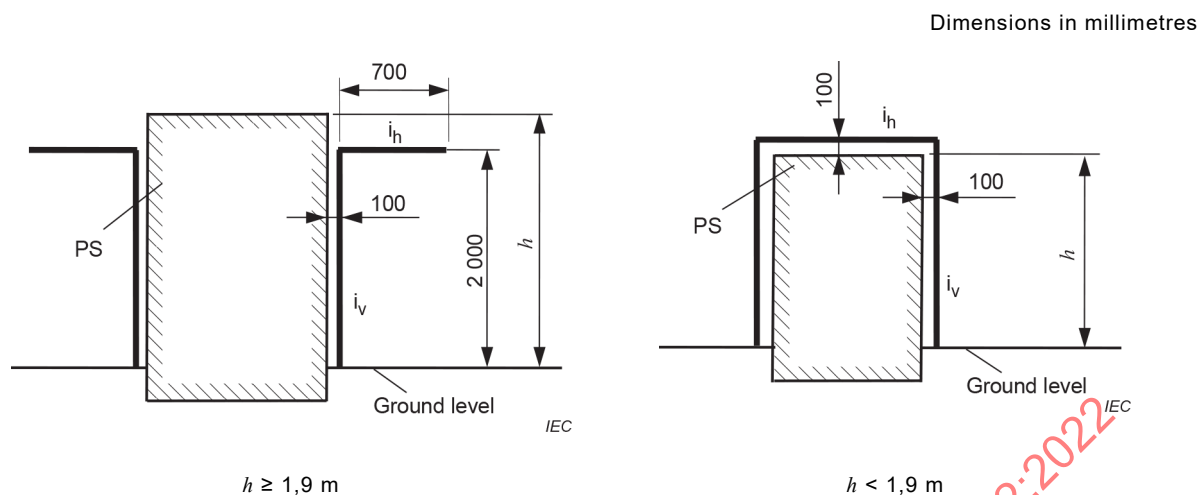


Figure A.3 e – Protection of general public around a prefabricated substation (closed doors)

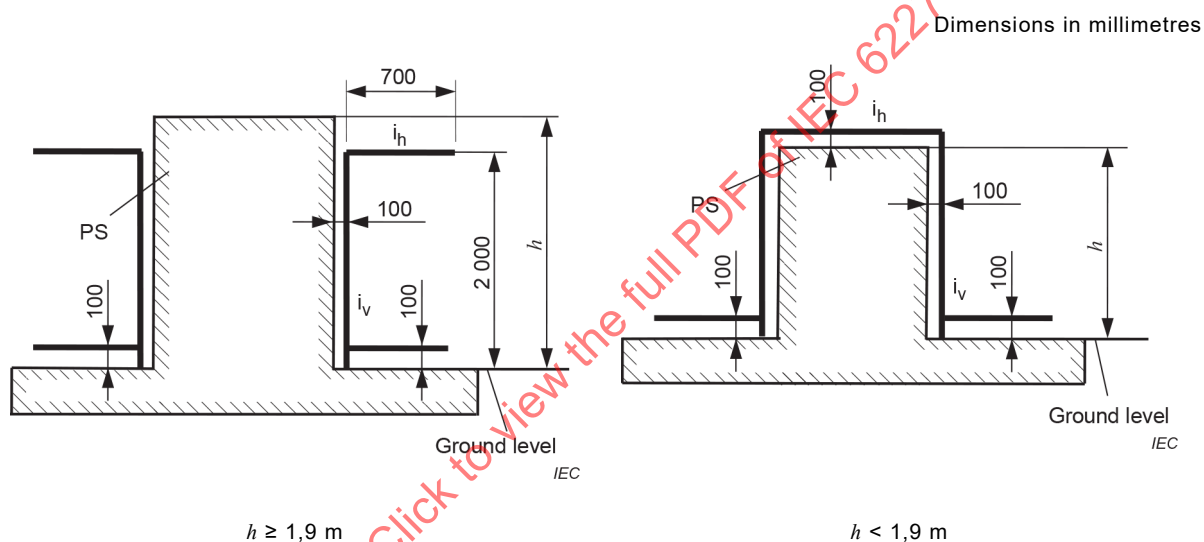


Figure A.3 f – Protection of general public around a prefabricated substation (closed doors) having an external pressure relief volume below the ground

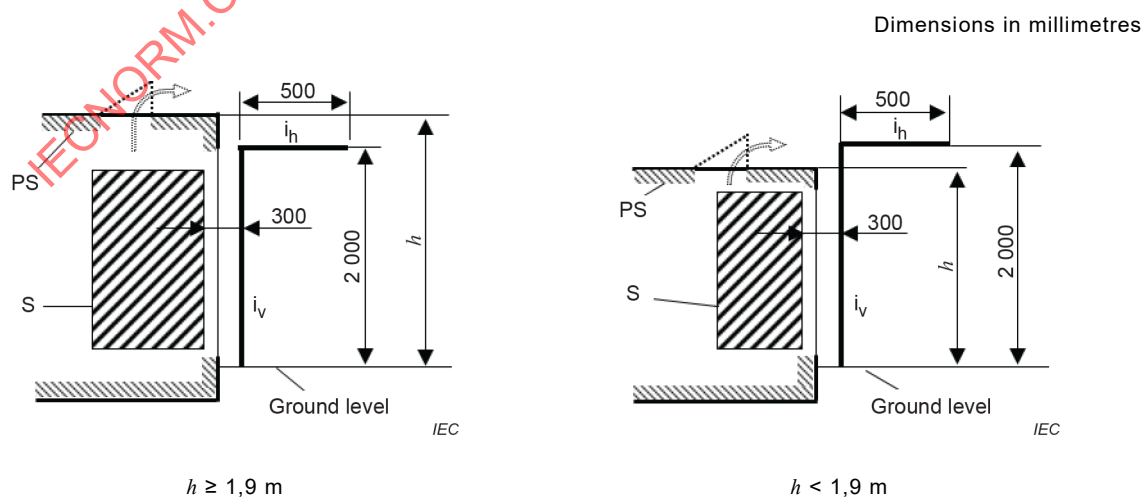


Figure A.3 g – Protection of operators in front of the open side of a non-walk-in type prefabricated substation having a pressure relief device (orientation and position of the pressure relief devices are shown as an example)

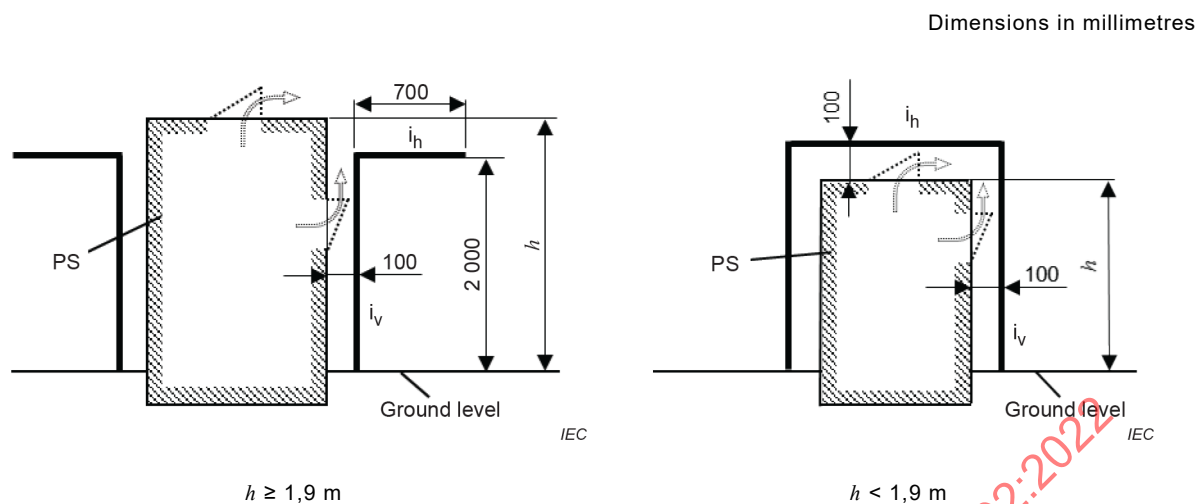


Figure A.3 h – Protection of general public around a prefabricated substation (closed doors) having a pressure relief device (orientation and position of the pressure relief devices are shown as an example)

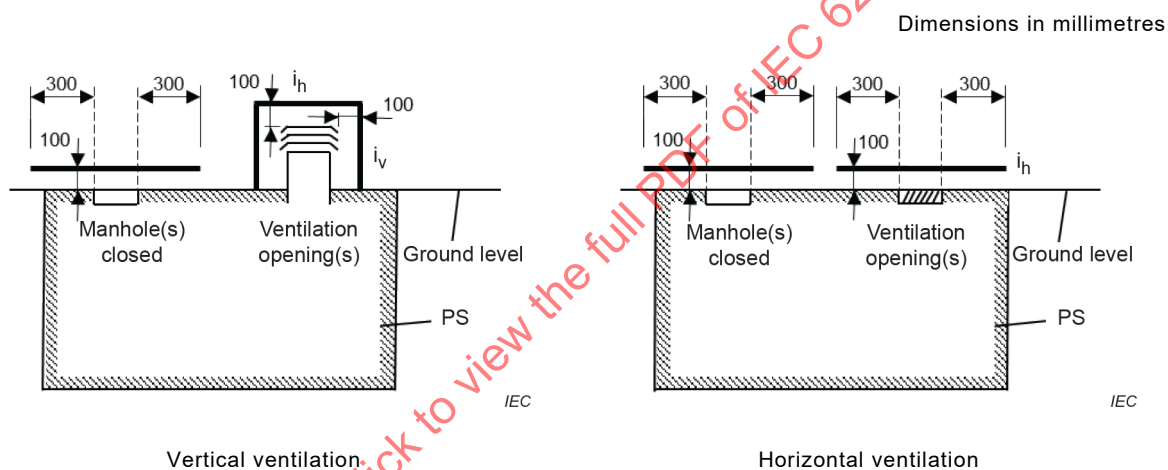


Figure A.3 i – Protection of general public around a walk-in type and non-walk-in type underground prefabricated substation (closed doors)

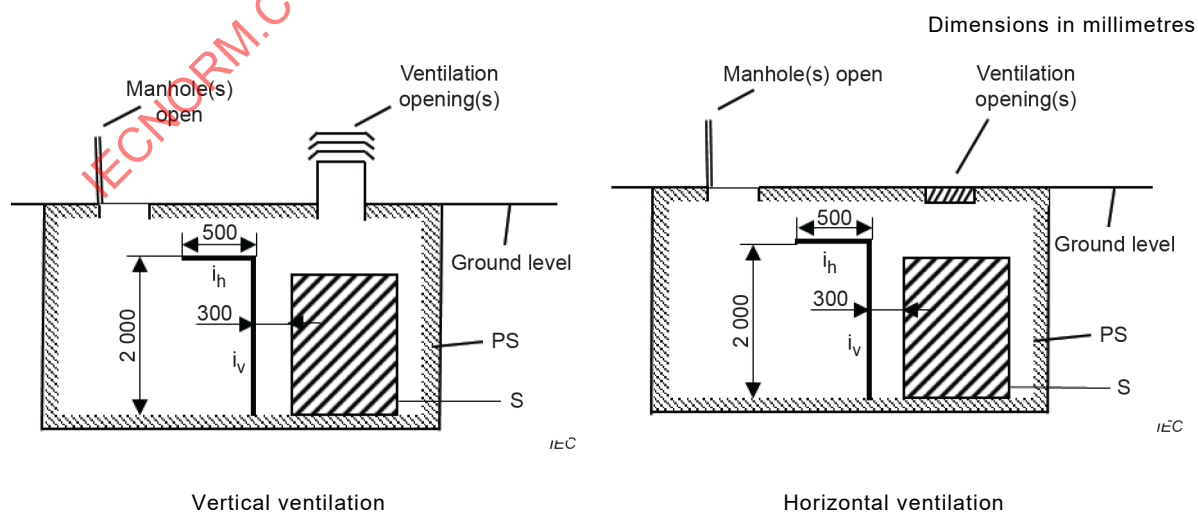


Figure A.3 j – Protection of operators in front of the high-voltage switchgear in a walk-in type underground prefabricated substation

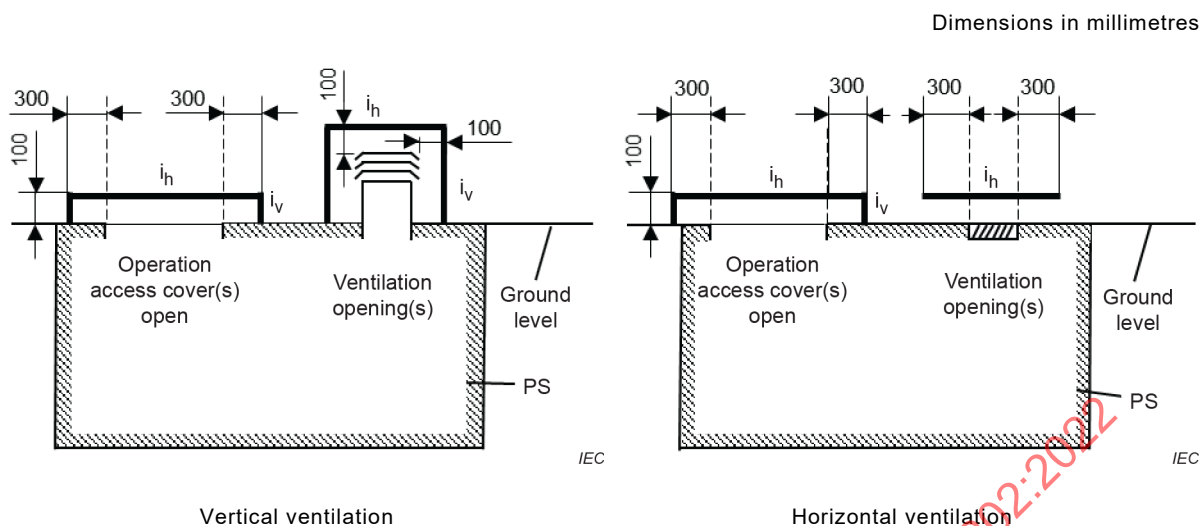


Figure A.3 k – Protection of operators in front of the open manhole in a non-walk-in type underground prefabricated substation

Key

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

Figure A.3 – Arrangement of indicators

A.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: $+15^0$ 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.

A.5 Test parameters

Clause A.4 of IEC 62271-200:2021 is applicable.

A.6 Test procedure

The test procedures and the number of tests on high-voltage switchgear and controlgear are dependent on whether the switchgear and controlgear has either an IAC classification according IEC 62271-200:2021 or IEC 62271-201:2014 or not. Figure A.4 and Figure A.5 provide selection criteria for the high-voltage compartments of the high-voltage switchgear and controlgear to be tested.

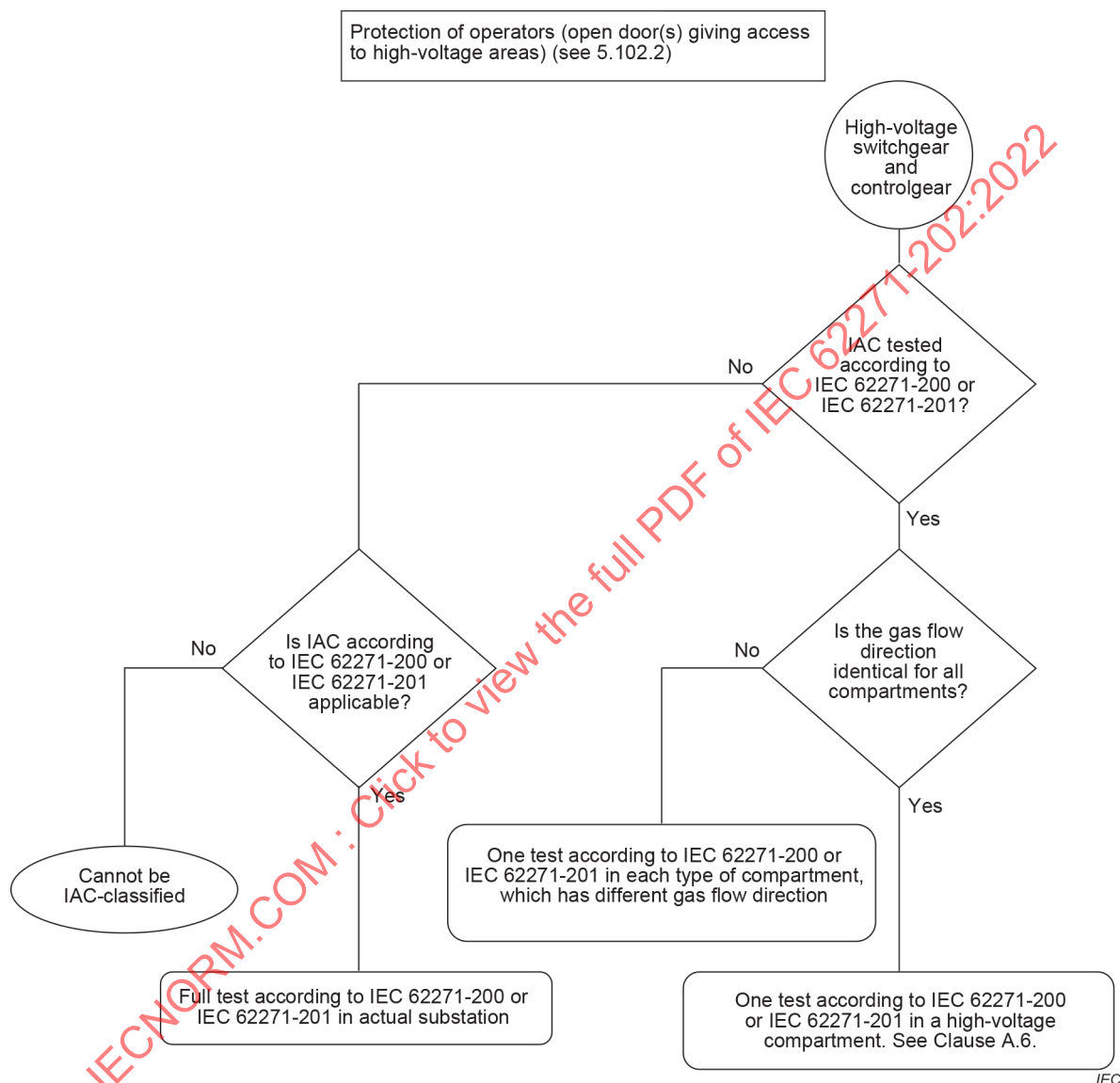


Figure A.4 – Selection of tests on high-voltage switchgear and controlgear for class IAC-A

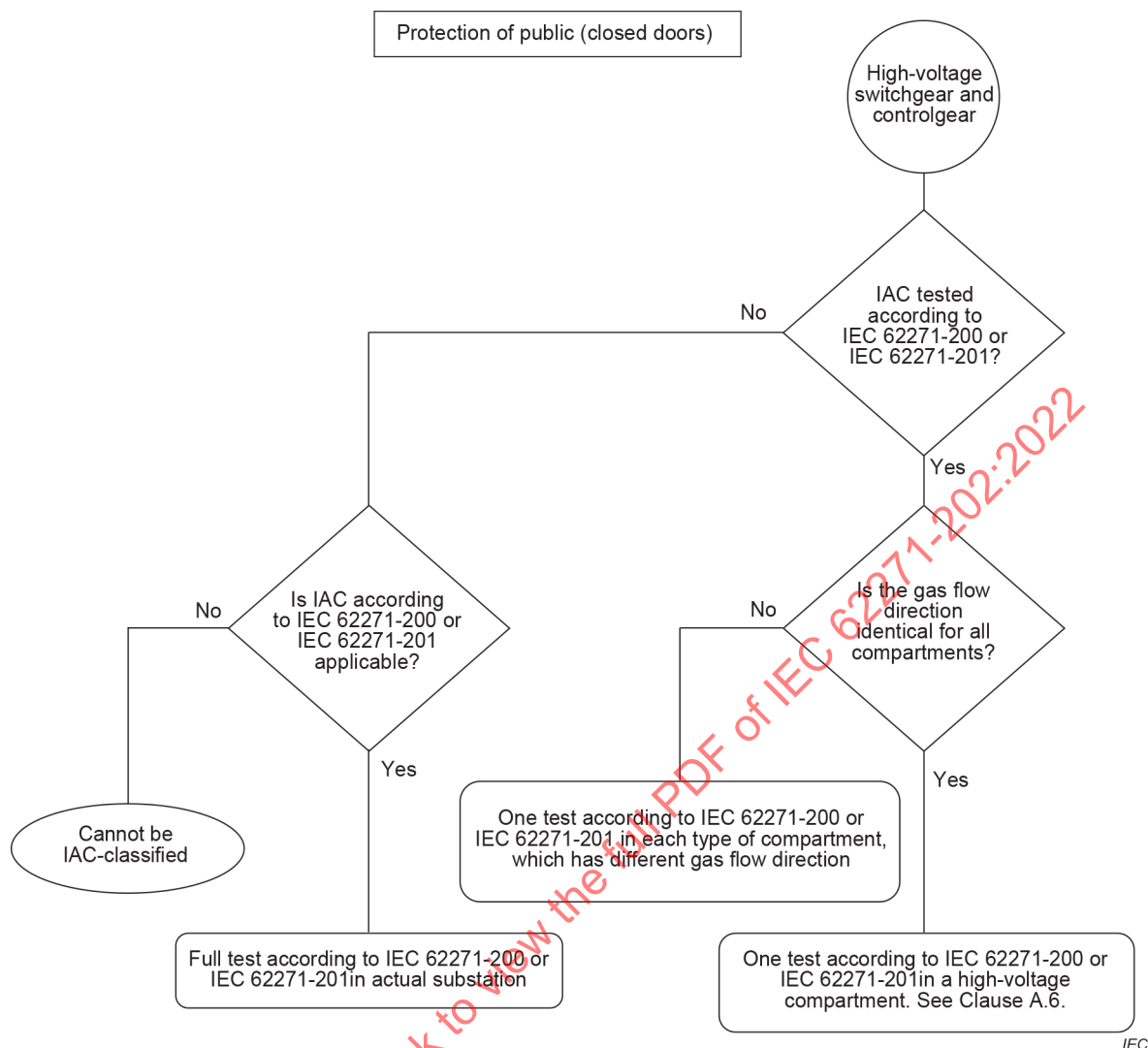
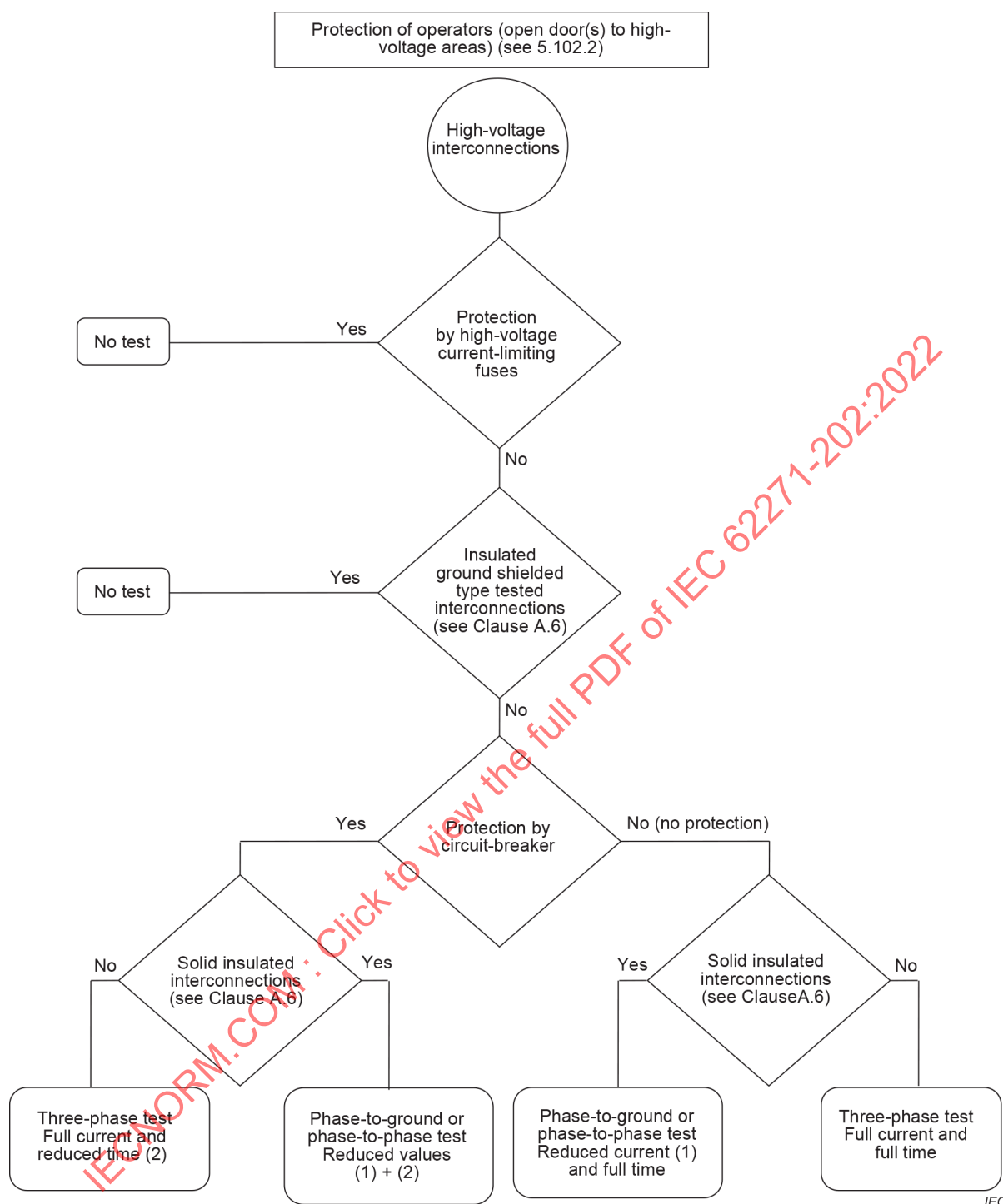


Figure A.5 – Selection of tests on high-voltage switchgear and controlgear for class IAC-B

The internal arc tests covering the case of an arc fault inside the high-voltage switchgear and controlgear shall be performed according to Clause A.5 of IEC 62271-200:2021 for metal-enclosed switchgear class IAC, or Clause AA.5 of IEC 62271-201:2014 for solid-insulation enclosed switchgear and controlgear class IAC, including the point of initiation of the arc.

The test procedures and the number of tests on the high-voltage interconnections depend on the type of power transformer protection and the type of interconnections. Figure A.6 and Figure A.7 provide selection criteria for high-voltage interconnections to be tested.



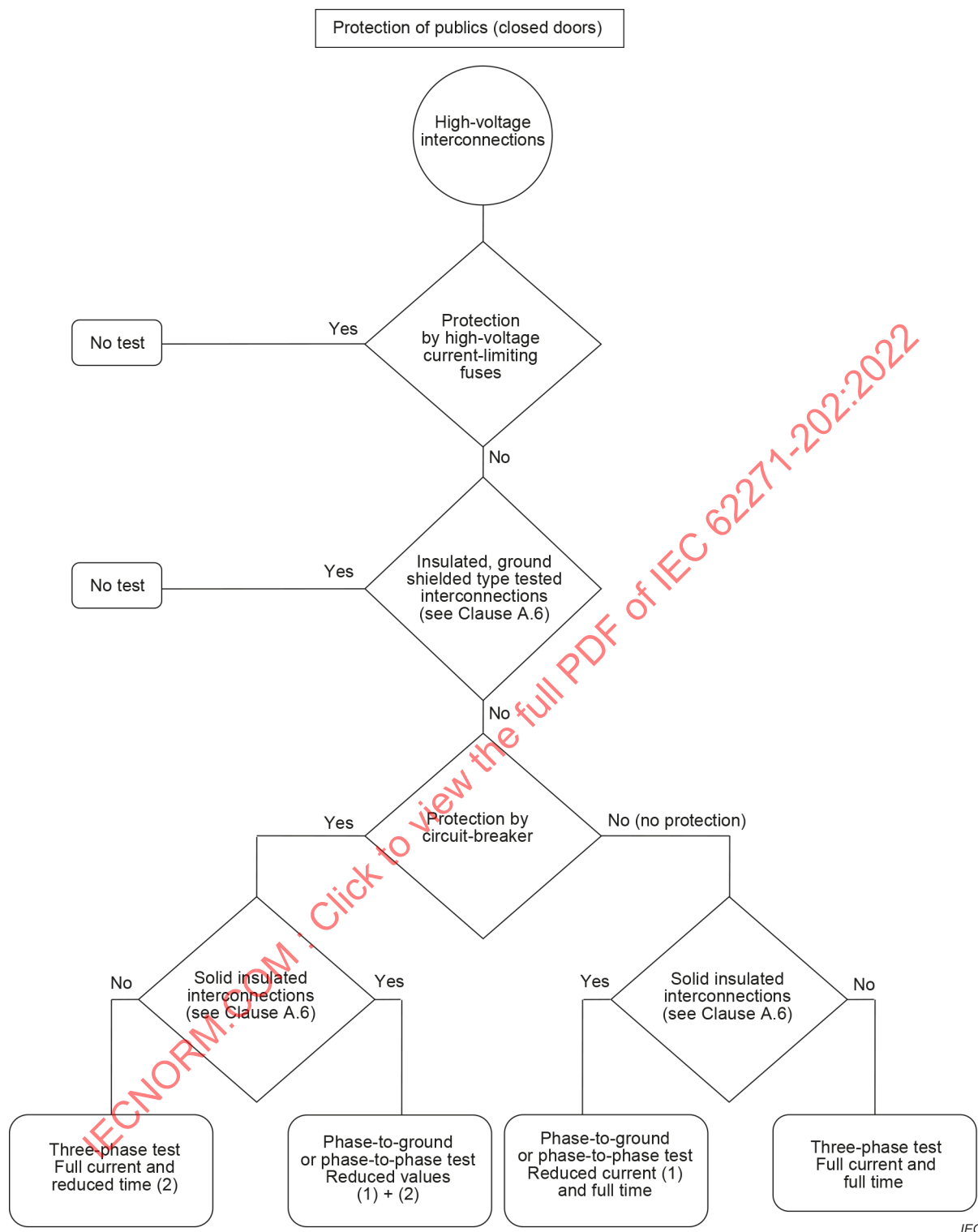
(1) IEC 62271-200:2021.

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

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

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

Figure A.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 A.5.2.1 of IEC 62271-200:2021.

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

* For phase to phase test, the current shall 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 A.7 – Selection of tests on high-voltage interconnections for class IAC-B

For each accessibility type of a prefabricated substation, at least one internal arc test is mandatory for the high-voltage switchgear and controlgear (see Figure A.4 and Figure A.5). The point of initiation of the arc shall be in the high-voltage compartment of the high-voltage switchgear and controlgear having the highest arc energy determined during internal arc tests carried out in accordance with IEC 62271-200 or IEC 62271-201. However, if this data is not available, it is acceptable to select the high-voltage compartment with the largest clearance between the points where the arc was initiated. The number of phases involved in the arc, the arc current and arc duration shall be the same for the compartments under assessment. In addition, if the high-voltage switchgear and controlgear when installed in the prefabricated substation has more than one gas flow direction, a representative test shall be performed for each different gas flow direction (see Figure A.4 and Figure A.5) in the selected high-voltage compartment(s) of the high-voltage switchgear and controlgear.

When more than one high-voltage compartment is the same in all the above-mentioned aspects, only one of these compartments shall be tested. For accessibility type A it should be the compartment located furthest from the closest lateral wall or partition of the prefabricated substation to the switchgear and controlgear assembly. For accessibility type B it should be the compartment of the switchgear and controlgear assembly located closest to the indicators placed outside the prefabricated substation.

The tests covering the case of an arc fault in the high-voltage interconnection or in the incoming high-voltage cables directly connected to the bushings of the power transformer (for prefabricated substations without high-voltage switchgear and controlgear) shall be performed following, as applicable, the provisions of Annex A of IEC 62271-200:2021 with the following additions to A.5.2 of IEC 62271-200:2021:

- The point of initiation shall be located at the furthest point from the supply. The feeding direction shall be in accordance with the normal expected flow of the energy in service.
- Internal arc testing on high-voltage insulated and earth-shielded interconnections or incoming connections, equipped with insulated earth shielded connections according to IEC 60050-461:2008, 461-10-15, is not necessary (see Figure A.6 and Figure A.7). However, a non-mandatory test can be agreed between manufacturer and user. In that case, A.5.2 of IEC 62271-200:2021 is applicable.
- Internal arc testing shall be performed on high-voltage solid insulated interconnections or incoming connections, equipped with insulated connections according to IEC 60050-461:2008, 461-10-16 or 461-10-21. In that case, A.5.2 of IEC 62271-200:2021 is applicable.

Annex B

(normative)

Test to verify the sound level of a high-voltage/low-voltage transformer prefabricated substation

B.1 Purpose

The purpose of the test is to calculate the difference between the non-load sound level of a given power transformer alone (see IEC 60076-10:2016) and the non-load sound level of the high-voltage/low-voltage prefabricated substation containing the same power 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 power transformer.

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

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

B.2 Test object

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

B.3 Test method

The test shall be carried out according to IEC 60076-10:2016, which defines the method of test and calculation of an A-weighted sound level along a prescribed contour around the power 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 60076-10:2016 with the exception of the requirement for the measuring device, which shall be at 1,5 m above ground level as defined for the prefabricated substation.

B.4 Measurements

These shall be in accordance with IEC 60076-10:2016. For the purpose of positioning the measuring instruments, the enclosure shall be considered as the principal radiating surface of the prefabricated substations.

B.5 Presentation and calculation of the results

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

The report of the test shall include all applicable information as given in IEC 60076-10:2016 for both configurations: power 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 can significantly influence the sound propagation;
- c) position of the power 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.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62271-202:2022

Annex C (normative)

Mechanical impact test

C.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.

C.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 C.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.

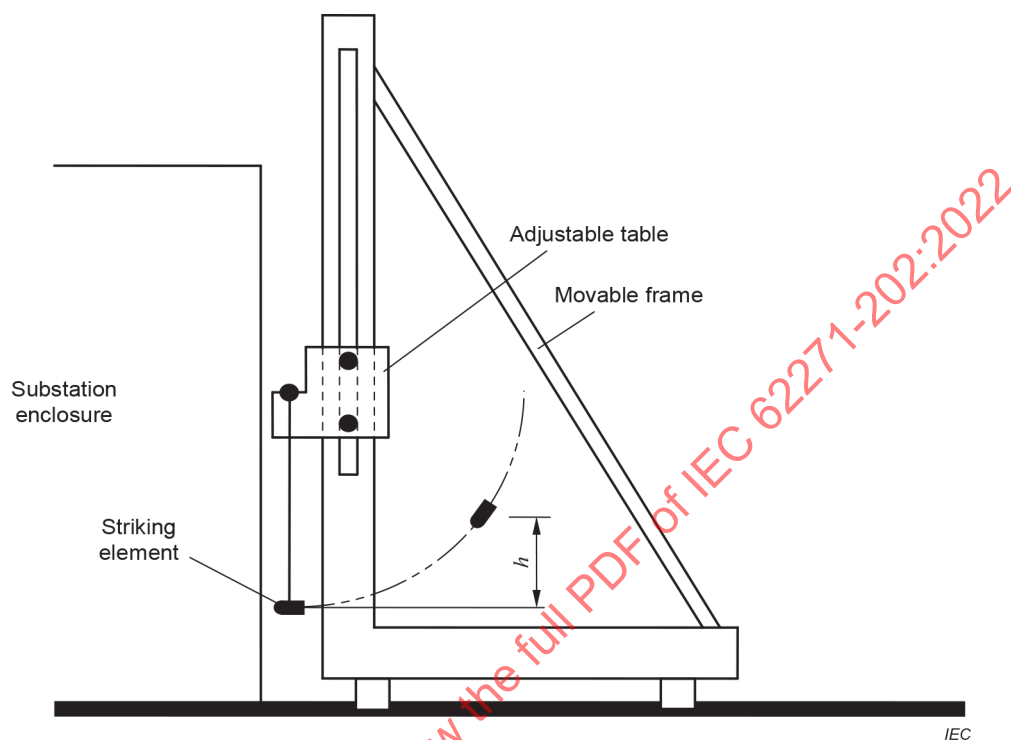
The distance from the extremity of the striking element to the measuring point shall be 60 mm ± 20 mm.

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 $\pm$ 0,25kg;

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

material of element: E295, steel number 1.0050, according to EN 10025-2:2019 or equivalent, Rockwell hardness HRE 80 to 85 according to ISO 6508-1:2016;

h (nominal height of fall) = 400 mm $\pm$ 4 mm.

NOTE ISO 1052:1982 [31] is now withdrawn. E295, according to EN 10025-2:2019, is equivalent to FE 490-2, according to ISO 1052:1982 [31].

Figure C.1 – Impact test apparatus

Annex D (informative)

Rating of power transformers in an enclosure

D.1 General

According to IEC 60076-2:2011 and IEC 60076-11:2018, the rated power of a power transformer is related to a 20 °C average yearly temperature. This accounts for a margin of 20 K to the maximum permissible ambient air temperature of 40 °C. Different yearly temperatures and different prefabricated substation enclosure classes result in different load factors, which can be extracted from Figure D.1 to Figure D.9.

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

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

NOTE 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.

D.2 Mineral-oil-immersed power transformer

In the absence of a specific loading guide for liquid-immersed power transformers, Figure D.1, which is specific to mineral-oil-immersed power transformers, can be used.

The chosen rated insulation condition of the power transformer is "free from air and 0,5 % moisture" in accordance with Table A.1 of IEC 60076-7:2018. The curves on Figure D.1 should be used as follows:

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

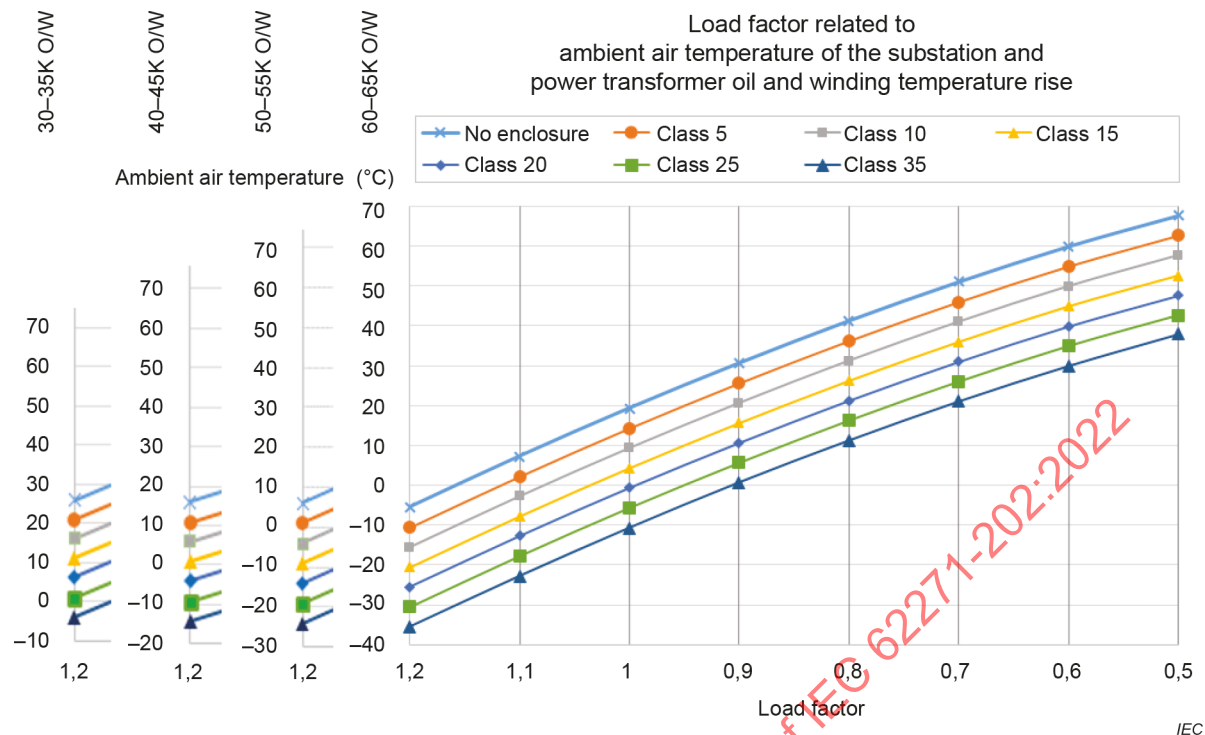


Figure D.1 – Mineral-oil-immersed power transformer load factor inside of the enclosure related to ambient air at the location and top-oil and winding temperature rise limits

D.3 Dry-type power transformer

Figure D.2 shows dry-type power transformer load factor outside of the enclosure according to the electrical insulation system temperature of the power transformer (see Table 2 of the IEC 60076-11:2018).

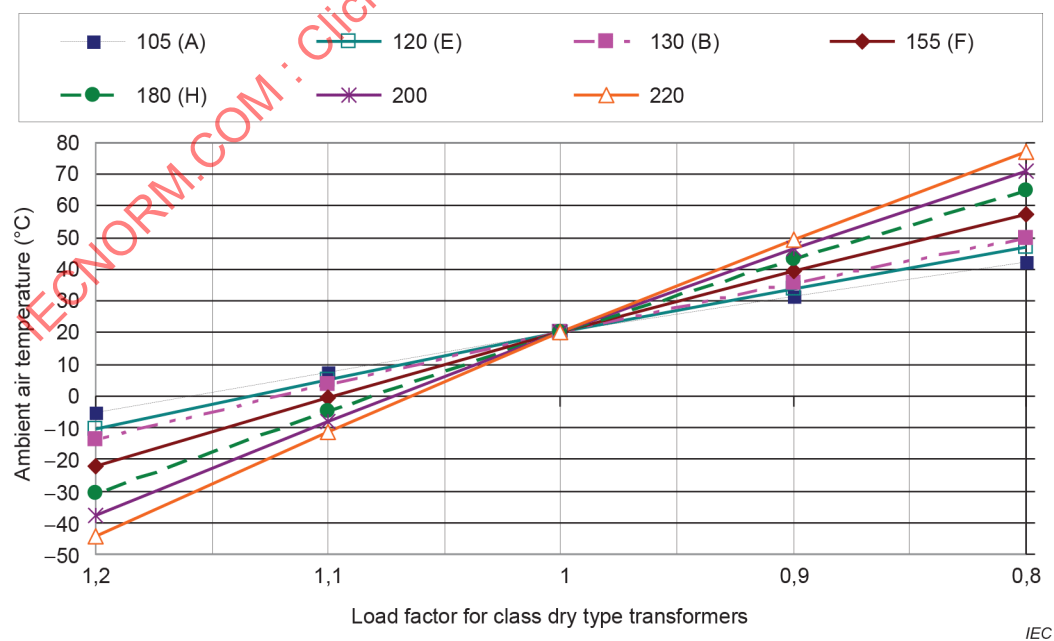


Figure D.2 – Dry-type power transformer load factor outside of the enclosure

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

The curves on Figure D.3 to Figure D.9 should be used as follows:

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

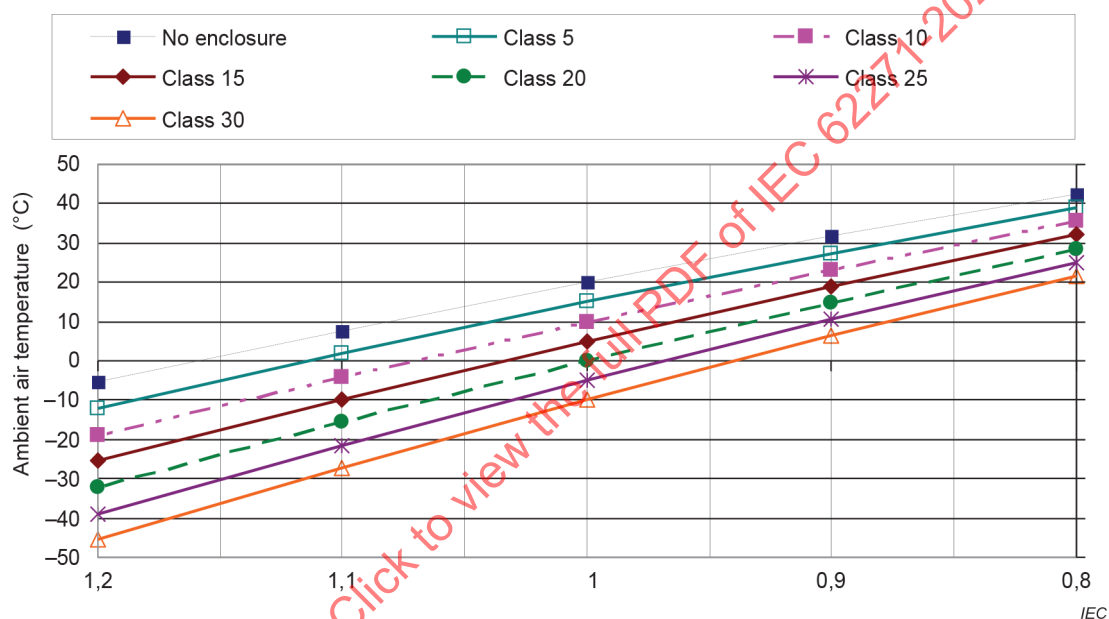


Figure D.3 – Insulation class 105 °C (A) dry-type power transformers load factor in an enclosure

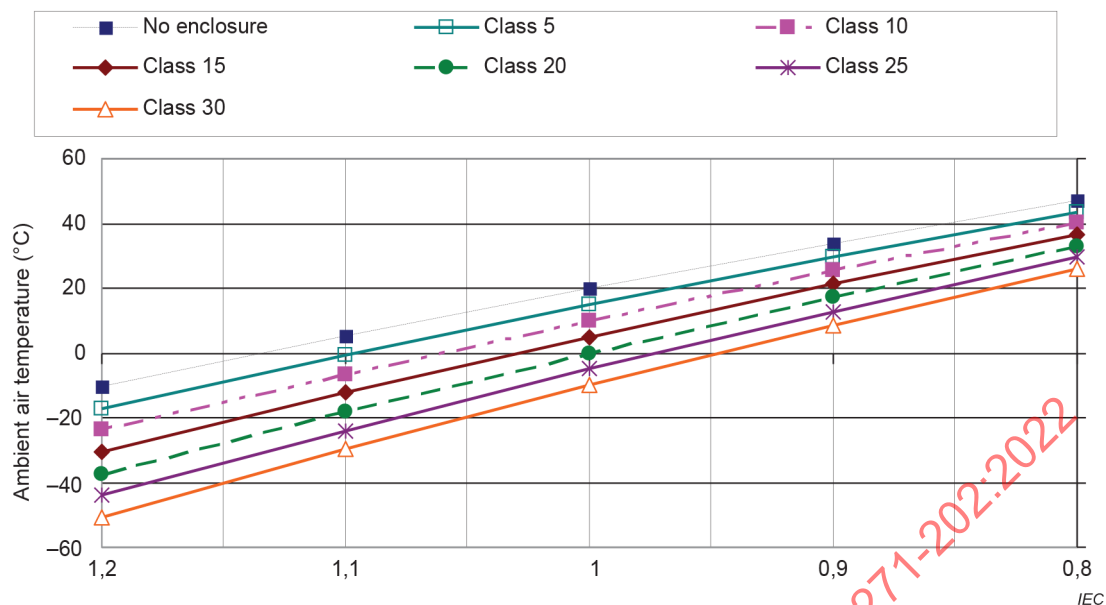


Figure D.4 – Insulation class 120 °C (E) dry-type power transformers load factor in an enclosure

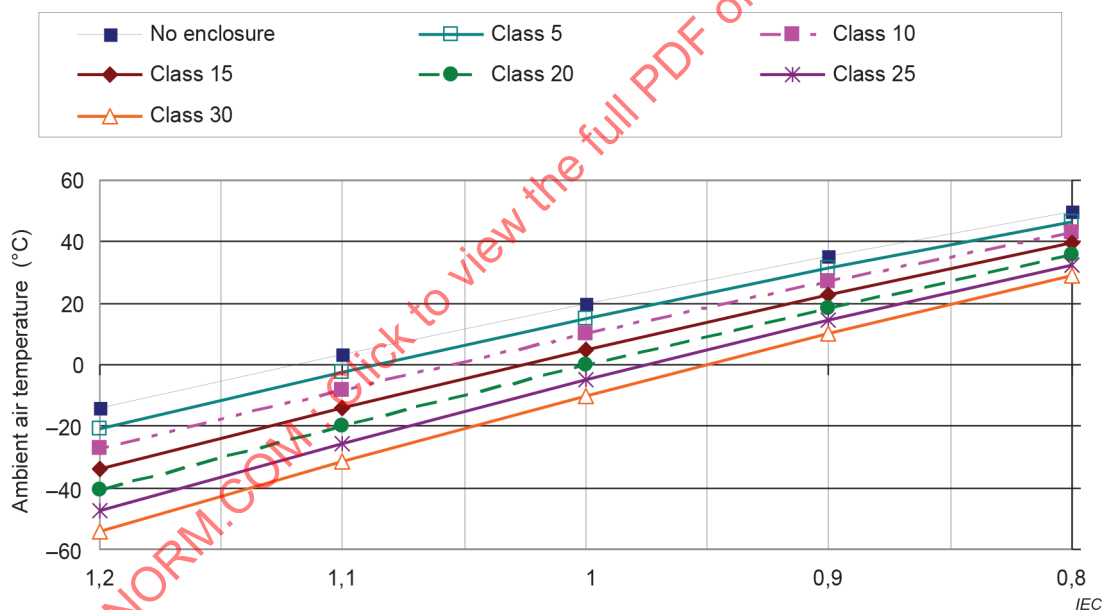


Figure D.5 – Insulation class 130 °C (B) dry-type power transformers load factor in an enclosure

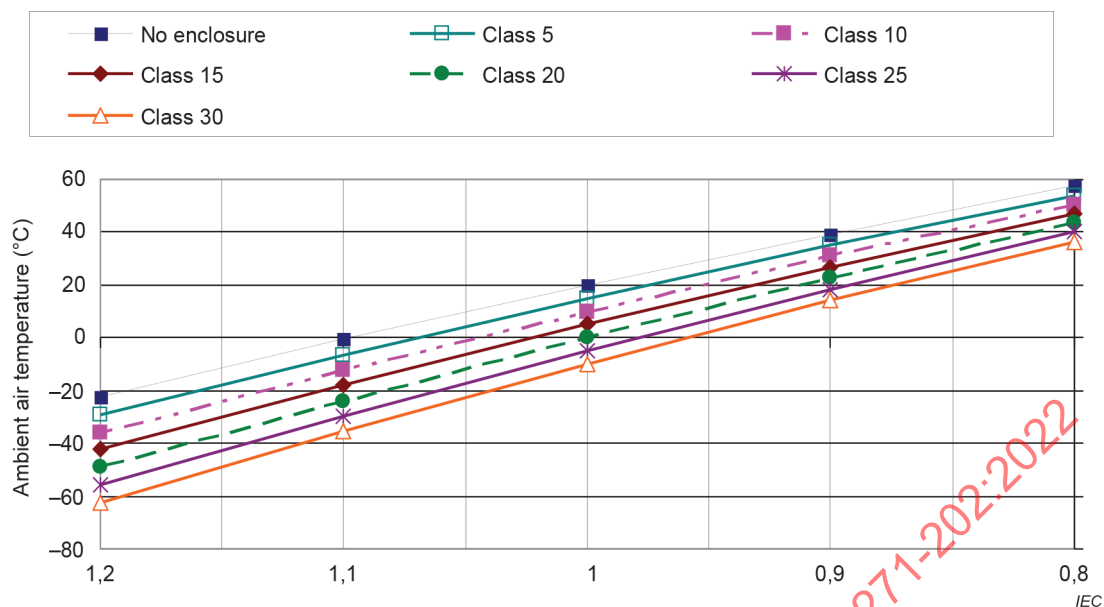


Figure D.6 – Insulation class 155 °C (F) dry-type power transformers load factor in an enclosure

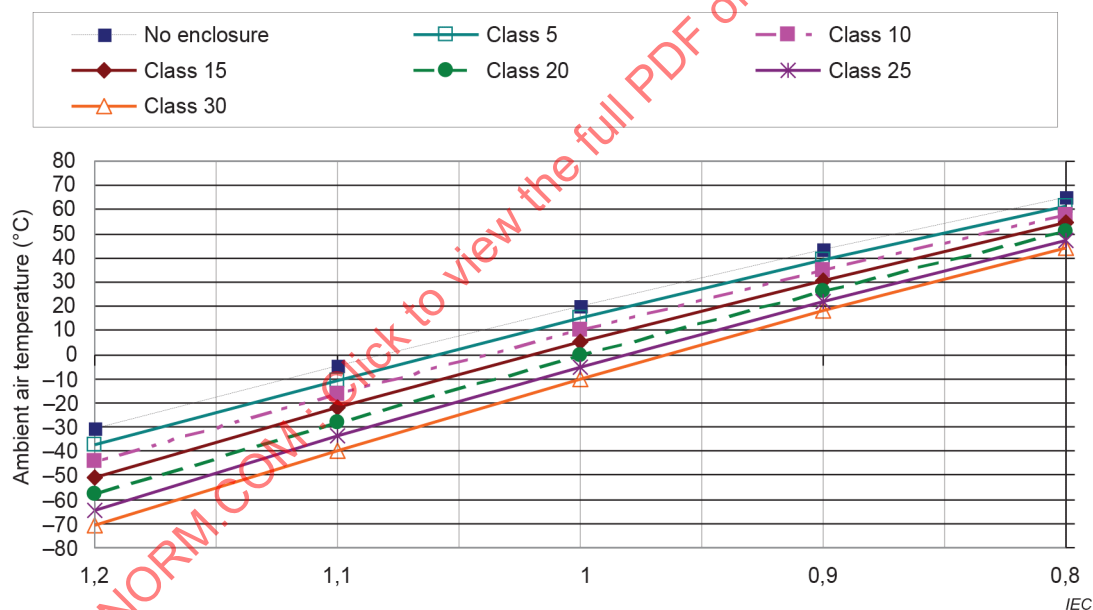


Figure D.7 – Insulation class 180 °C (H) dry-type power transformers load factor in an enclosure

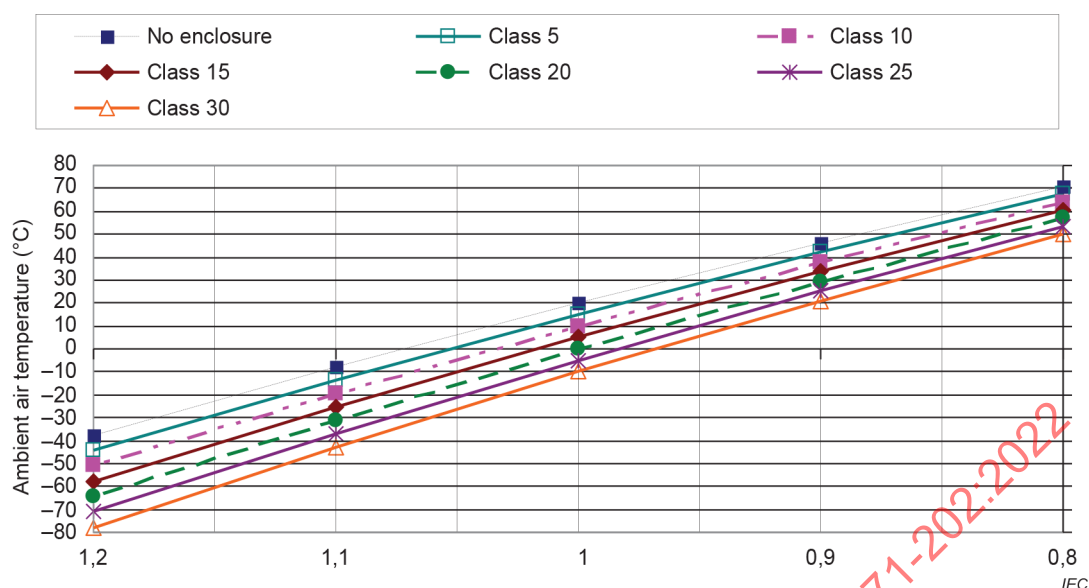


Figure D.8 – Insulation class 200 °C (H) dry-type power transformers load factor in an enclosure

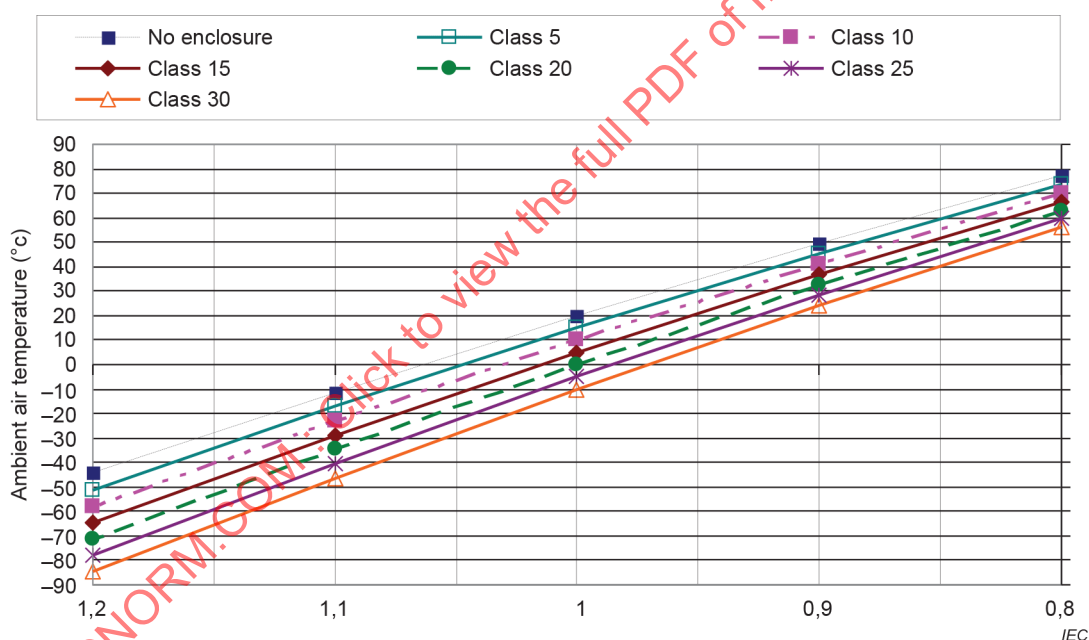


Figure D.9 – Insulation class 220 °C (H) dry-type power transformers load factor in an enclosure

D.4 Example

Hypothesis

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

- average ambient air temperature in winter is 0 °C;
- average ambient air 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.
- power transformer temperature rise limits are 60 K to 65 K respectively for oil and windings.

The power transformers used for the examples are assumed to be the same power transformer used for the reference continuous current test defining the class of the enclosure of the prefabricated substation. Otherwise, IEC TR 62271-312 [17] dealing with transferability of type tests should be considered.

Question 1

Which rated class of enclosure is required for a 1 000 kVA mineral-oil-immersed power transformer to not exceed the maximum top oil and hot-spot temperature rise limits of 60 K and 65 K respectively?

Answer:

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

Conclusion

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

Question 2

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

Answer:

- for a yearly average ambient air temperature of 10 °C and enclosure class 30, Figure D.1 gives a maximum load factor of 0,81;
- for a winter average ambient air temperature of 0 °C and enclosure class 30, Figure D.1 gives a maximum load factor of 0,90;
- for a summer average ambient air temperature of 20 °C and enclosure class 30, Figure D.1 gives a maximum load factor of 0,70.

Conclusion

If enclosure class 30 is chosen, load limitation is necessary on the power transformer.

Question 3

With the same hypothesis above, but with a class 30 enclosure, for a power transformer temperature rise limits of oil and winding, respectively of 50 K and 55 K, which are the permissible load factors for the power transformer?

Answer:

- for a yearly average ambient air temperature of 10 °C, Figure D.1 gives a maximum load factor of 0,9;
- for a winter average ambient air temperature of 0 °C, Figure D.1 gives a maximum load factor of 1,0;
- for a summer average ambient air temperature of 20 °C, Figure D.1 gives a maximum load factor of 0,8.

Conclusion

If a power transformer with temperature rise limits of oil and winding, respectively of 50 K and 55 K, is used within an enclosure class 30, load limitation is necessary except during winter.

Question 4

With the same hypothesis above, but with a dry-type power transformer and an enclosure class 20, which should be the insulation class of dry-type power transformer to use on the same temperature and load ranges?

Answer:

- for a yearly average ambient air temperature of 10 °C and enclosure class 20 and dry-type power transformer with insulation class 105 °C, Figure D.5 gives a maximum load factor of 0,93;
- for a winter average ambient air temperature of 0 °C and enclosure class 20 and dry-type power transformer with insulation class 105 °C, Figure D.5 gives a maximum load factor of 1;
- for a summer average ambient air temperature of 20 °C and enclosure class 20 and dry-type power transformer with insulation class 105 °C, Figure D.5 gives a maximum load factor of 0,87.

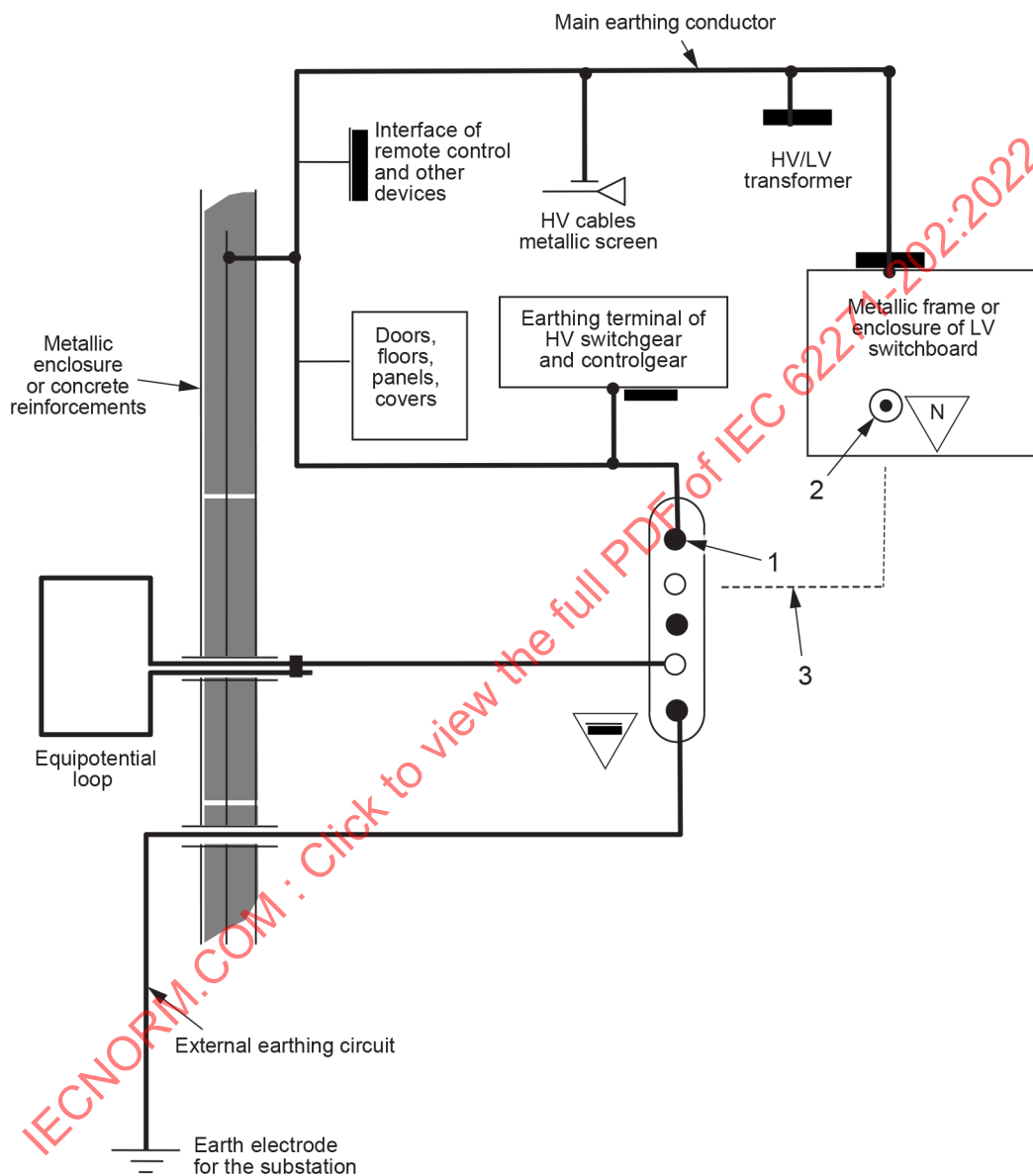
Conclusion

For a maximum load factor of 1, dry-type power transformer with insulation class 105 °C with an enclosure class 20 can be used up to 0 °C average ambient air temperature as the mineral-oil-immersed power transformer with temperature rise limits of oil and winding, respectively of 50 K and 55 K with an enclosure class 30.

Annex E (informative)

Examples of earthing arrangements

Examples of earthing arrangements are shown in Figure E.1, Figure E.2 and Figure E.3.

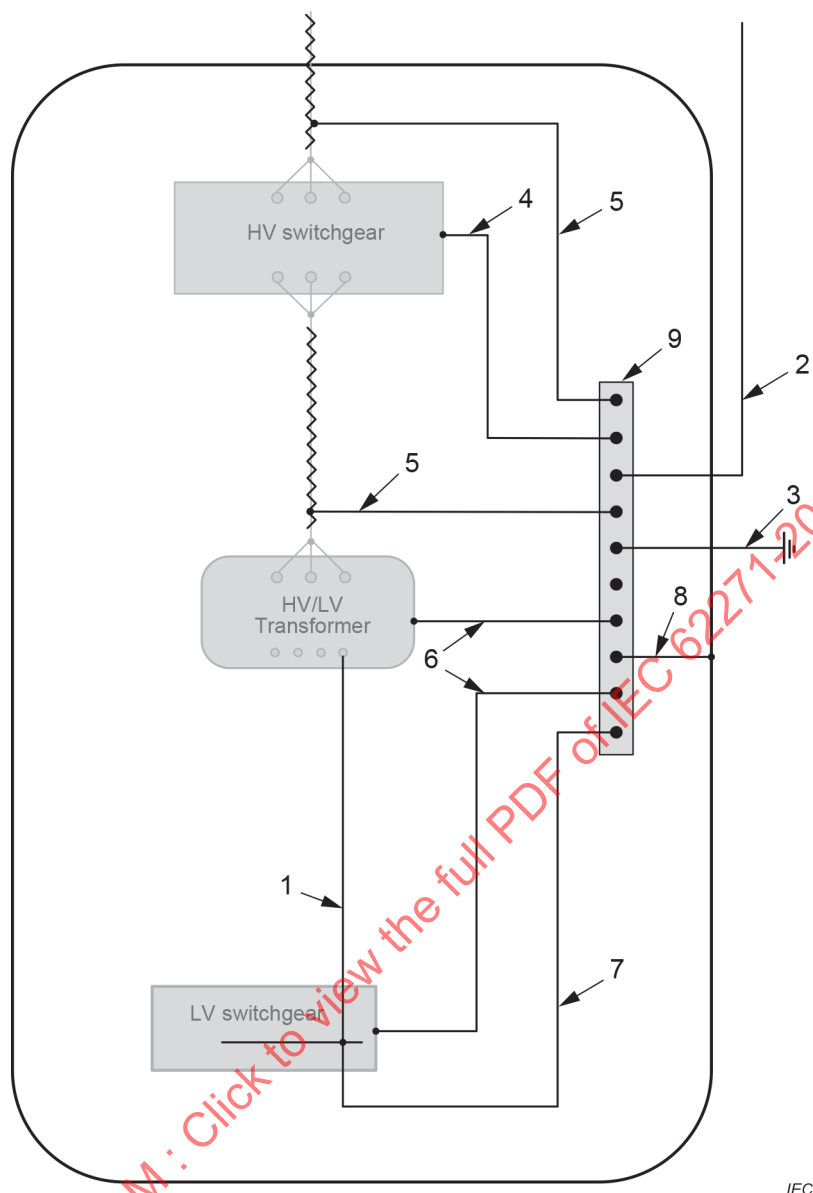


IEC

Key

- 1 earthing plate (part of main earthing conductor)
- 2 LV neutral terminal for connection to earth
- 3 LV neutral connection to main earthing conductor (protective conductor); alternative is connection to a separate LV neutral earth electrode according to the installation rules

Figure E.1 – Example of earthing arrangement

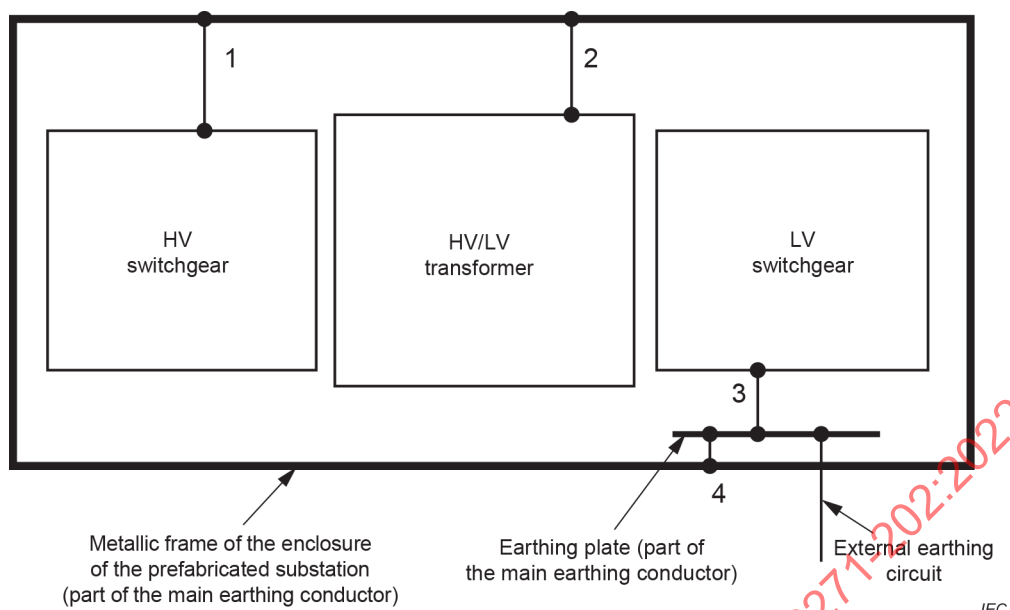


IEC

Key

- 1 low-voltage neutral conductor
- 2 additional external earthing (according to soil condition)
- 3 external earthing circuit
- 4 HV switchgear and controlgear earthing conductor
- 5 HV cables screen earthing conductors
- 6 power transformer and low-voltage switchgear and controlgear framework earthing conductors
- 7 earthing conductor of main low-voltage neutral bar (protective conductor)
- 8 enclosure earthing conductor
- 9 earthing plate (main earthing conductor)

Figure E.2 – Example of earthing arrangement



Key

- 1 High-voltage switchgear and controlgear earthing conductor
- 2 Power transformer tank earthing conductor
- 3 Low-voltage switchgear and controlgear earthing conductor
- 4 Earthing connection from earthing plate to the metallic frame of the prefabricated substation enclosure

Figure E.3 – Example with the framework serving as part of the main earthing conductor

Annex F (informative)

Characteristics of enclosure materials

F.1 Metals

F.1.1 Coatings

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

Table F.1 – Treatment of coatings

Treatment	Standards	Substrate	
		Steel	Aluminium
Hot dip galvanization	ISO 1460 [32] ISO 1461 [33]	X	
Electroplated coatings of zinc	ISO 2081 [34]	X	
Chemical conversion coatings	ISO 11408 [35] ISO 10546 ³ [36]	X	X
Key X applicable			

F.1.2 Paints

Table F.2 lists some references that can be applied to test paints.

Table F.2 – Tests of coatings

Tests	References
Adherence	ISO 2409 [37],
Salt spray	ISO 9227 [38]
Artificial ageing	ISO 11997 (all parts) [39]
Abrasion	ISO 7784 (all parts) [40]
Corrosion	ISO 12944 (all parts) [41]

F.2 Concrete

Corrosion can occur on concrete as well as on steel in reinforced concrete. Therefore, the main factors affecting corrosion listed in 6.104.3 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.

³ This publication was withdrawn.

Table F.3 lists some references that can be applied to test concrete properties.

Table F.3 – Test of concrete

Tests	References
Concrete strength	ISO 1920-4 [42],
Withstand against chloride diffusion (de-icing salt)	ISO/DIS 4846 ⁴ [43]
Density/porosity	ISO/DIS 1920-2 [44]
Specification, performance, production and conformity	EN 206-1 [45] ASTM C94/C 94M [46]

Paintings/coatings can improve corrosion resistance and product properties.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62271-202:2022

⁴ This publication was withdrawn.

Annex G (informative)

Evaluation of the impact of solar radiation – Simulated solar radiation continuous current test

G.1 General

Annex G is proposed as a first step towards a standardised test method. For a standard test method, market requirements need to be more clearly identified through wider experience. The test described is subject to an agreement between manufacturer and user.

Depending on the exposure to solar radiation as well as the design and materials used in the construction of prefabricated substation enclosure, the effects of solar radiation on the temperature-rise performance of the prefabricated substation might be considered. For example, prefabricated substations used in renewable photovoltaic (PV) power plants experience peak loading of the power transformer at times during the day corresponding to exposure to maximum solar radiation. The effects of solar radiation in such applications cannot be ignored. Non-ventilated compartments having a high degree of protection could be of particular concern. The test method described in Annex G can be used to evaluate the effects of solar radiation in such applications.

G.2 Test method

G.2.1 General

The purpose of this test is to assess the temperature rise of the components inside the prefabricated substation when the effect of solar radiation and continuous current are combined. The results of the continuous current test can then be used to estimate how it affects to the temperature rise, as described in G.3 below, in order to evaluate the derating effect of solar radiation on prefabricated substation power transformer and main components. Furthermore, the results can be used to verify that the effect of solar radiation does not impair the performance and life expectancy of the prefabricated substation components and/or equipment. Their performance and life expectancy (i.e. rate of deterioration of insulation) will not be influenced if the acceptable temperature limits are not exceeded.

NOTE Simulation of the effects of solar radiation can also be carried out using complex CFD tools (computational fluid dynamics) requiring a complete three-dimensional model of the prefabricated substation – including component layouts, material descriptions of the enclosure, partitions, ventilation openings, etc. Such tool can also be used to reproduce the test conditions.

G.2.2 Test parameters, equipment and preparation

For the purpose of the test, a solar irradiance of $1,09 \text{ kW/m}^2$, corresponding to the maximum level of solar irradiance (SI) that prefabricated substation could be exposed to under direct sunlight, is considered.

NOTE 1 Depending on the actual installation location, different values of solar irradiance could be more appropriate. Refer to IEC 60721-2-4 for reference values.

Although solar irradiation per diurnal cycle is considered to be for a period of 8 h to 20 h, this test considers continuous irradiation for a limited duration of up to 8 h in order to assess the additional solar radiation thermal (heating) effect on the temperature-rise performance of the prefabricated substation.

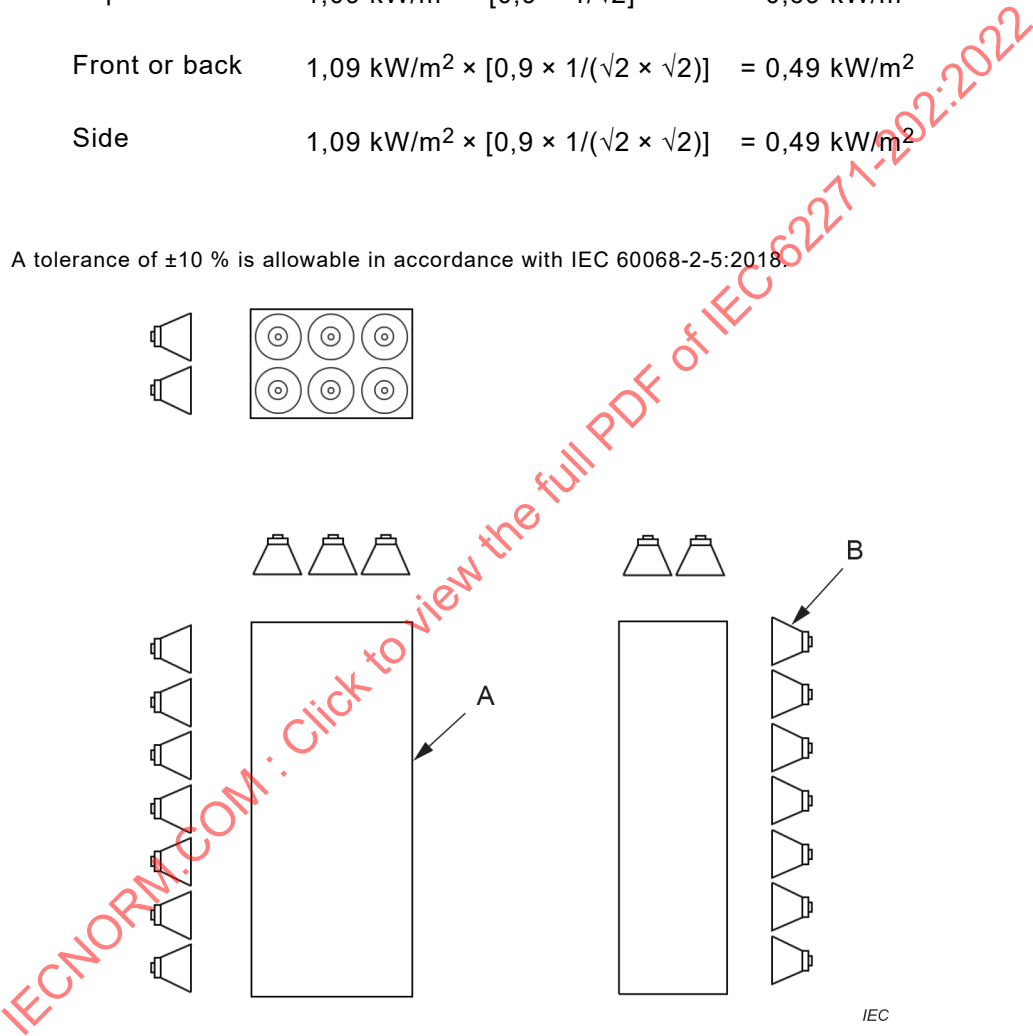
NOTE 2 In accordance with IEC 60068-2-5:2018, an 8 h solar irradiation period is specified where the principal interest is in the thermal effects of solar radiation.

The most severe solar radiation effects on the prefabricated substation are assumed to be mid-morning or mid-afternoon when the top, back or front and one adjacent side of the unit are subject to solar radiation. At this time, the maximum solar irradiance is reduced by approximately 10 %.

Laboratory radiation sources (refer to 5.1.8 of IEC 60068-2-5:2018) are set up to simulate the effects of solar radiation on the top, front and adjacent side of the prefabricated substation (see Figure G.1). These sources are arranged and positioned at a distance from the prefabricated substation enclosure surfaces under test such that the average solar irradiance received by the enclosure, perpendicular to the surface being considered, is:

Top	$1,09 \text{ kW/m}^2 \times [0,9 \times 1/\sqrt{2}]$	$= 0,69 \text{ kW/m}^2$
Front or back	$1,09 \text{ kW/m}^2 \times [0,9 \times 1/(\sqrt{2} \times \sqrt{2})]$	$= 0,49 \text{ kW/m}^2$
Side	$1,09 \text{ kW/m}^2 \times [0,9 \times 1/(\sqrt{2} \times \sqrt{2})]$	$= 0,49 \text{ kW/m}^2$

NOTE 3 A tolerance of ±10 % is allowable in accordance with IEC 60068-2-5:2018.



- Key**
- A prefabricated substation under test
 - B array of radiant heat lamps

Figure G.1 – Indicative arrangement of laboratory radiation sources (e.g. radiant heat lamps) for continuous current test with simulated solar radiation

Care should be taken to avoid hot-spots. A pyranometer is used to measure the simulated level of solar irradiance as close as possible to the surface of the prefabricated substation. For each surface under consideration, at least seven measurement points, positioned not more than one meter apart and well distributed over the full surface area, are used to calculate the average solar irradiance. If necessary, additional measurement points might be required to ensure that hot-spots are not created. The average level of irradiance on each of the exposed surfaces, the

relative positions of the radiation sources and a map of the measurement points with their respective values are recorded in the test report.

In the case of buried or partially buried prefabricated substations, only the parts of the surfaces exposed to solar radiation should be subjected to the simulated solar radiation. If necessary, non-exposed surfaces during normal use can be shielded during the test.

The test arrangement and positions of the radiation sources relative to the prefabricated substation are described and included in the test report.

Dust and other surface contamination might significantly change the absorption characteristics of irradiated surfaces. Unless otherwise required, specimens should be tested in a clean condition.

Where forced cooling/ventilation is used as an additional measure to improve the solar performance of the enclosure, all fans, intakes, exhausts and all other equipment associated with the forced cooling device are installed and operative as required in service.

NOTE 4 As indicated in 6.104.1, the use of forced cooling/ventilation is out of the scope of this document and therefore subject to an agreement between manufacturer and user. If agreed, the test with simulated solar radiation could be conducted initially without forced cooling/ventilation being operative and then repeated with forced cooling/ventilation operative in order to assess its effectiveness.

G.2.3 Test procedure and application of test currents

The power supply connections are made in accordance with 7.5.103.2.2.2 (Figure 3) or 7.5.103.2.3.3 (Figure 4). The test is carried out in two steps as follows.

Step 1:

Continuous current test without simulated solar radiation in accordance with 7.5.103. The laboratory solar radiation sources should be in position but de-energized. Temperature measurements are made in accordance with G.2.4.

Step 2:

The test arrangement and current supply at the end of step 1 are maintained with the laboratory radiation sources energized for a maximum period of 8 h or until thermal equilibrium has been reached within the 8 h period. At the end of step 2, temperature measurements are made in accordance with G.2.4.

NOTE A stable condition (thermal equilibrium) is deemed to be obtained when the variation of temperature at all measured points, including the ambient air temperature, does not exceed 1 K per hour.

G.2.4 Measurements

G.2.4.1 Temperature measurements

Temperature measurements are made and temperature rises calculated in accordance with 7.5.104.

NOTE Where multiple measurements were made during a previously carried out continuous current test on the same component but at different locations (e.g. upper and lower terminals of a low-voltage switching device), it can be sufficient that the temperature measurements made during the simulated solar radiation test are limited to the location and phase of the component having the highest temperature rise (e.g. upper middle phase terminal of the low-voltage switching device).

G.2.4.2 Ambient air temperature

The ambient air temperature is measured in accordance with 7.5.104.1, except for the ambient air temperature upper limit of +40 °C, which can be exceeded. The disposition of the solar

radiation sources is chosen to not directly impact the ambient air temperature-measuring devices. If required, the ambient air temperature sensing elements can be shielded in accordance with IEC 60068-2-5:2018 (for example by using a clear reflecting mirror vessel). To avoid any concern with respect to the influence of the simulated solar radiation on ambient air temperature measurements, additional equally distributed ambient air temperature-measuring devices can be set up.

G.3 Evaluation of the solar radiation effects

G.3.1 Evaluation of solar radiation effects on the temperature rise of power transformer

The difference in power transformer temperature rise between the end of step 1 and the end of step 2 of G.2.3 is determined. In addition, the difference in power transformer temperature rise between the power transformer at the end of step 2 of G.2.3 and the same power transformer outside the enclosure is determined. This latter value can then be used to calculate the permissible load factor of the power transformer in accordance with Annex D.

EXAMPLE

Calculate, when exposed to solar radiation conditions, the load factor at 30 °C ambient air temperature of a prefabricated substation with a 600 kVA liquid-filled power transformer (60 / 65 K O/W temperature rise limits) and a class 10 of enclosure.

The difference in power transformer temperature rise between the end of step 1 and the end of step 2 of G.2.3 is 4 K. This is the contribution of solar radiation to the power transformer temperature rise.

The difference in power transformer temperature rise between the power transformer in the enclosure at the end of step 2 and the same power transformer outside the enclosure is 13 K.

The load factor can then be determined as a function of the ambient air temperature, using the line corresponding to a class 15 of enclosure.

Considering solar radiation, the load factor would be 0,7. Therefore, the maximum continuous output of the prefabricated substation would be limited to 420 kVA.

Not considering solar radiation, the load factor would be 0,83 (corresponding to a rated class 10 of enclosure). Therefore, the maximum continuous output of the prefabricated substation would be limited to 498 kVA.

G.3.2 Evaluation of solar radiation effects on the temperature rise of components other than the power transformer

The temperature rises and temperatures of the terminals of the high-voltage interconnections do not exceed the requirements of 7.5.6 of IEC 62271-1:2017.

The temperature rises and temperatures of low-voltage interconnections and low-voltage switchgear and controlgear do not exceed the requirements of 9.2 of IEC 61439-1:2020.

Depending on the results, de-rating of the components can be necessary.

G.4 Application considerations

In principle, the results of the simulated solar radiation can mainly be restricted to operational conditions where high ambient air temperatures, continuous power demand (load) close to the rated power of the power transformer and maximum solar radiation are coincident during a considerable period of time.

Due to the thermal capacity and associated time constants of the prefabricated substation components (power transformer, etc.) and enclosure, the prefabricated substation peak temperatures, the peak ambient air temperature and the peak solar radiation do not occur simultaneously during a diurnal cycle. For the purposes of the test, the 8 h simulated solar radiation is applied when the prefabricated substation is already stabilised at its peak continuous current operating temperatures. This represents the most onerous condition from a temperature rise perspective. The 8 h time duration is considered to be sufficient when taking into consideration the relevant thermal capacities, non-synchronized peaks and actual service conditions.

It is known that wind reduces the heating effect of solar radiation, and could even offset it if a sufficient wind speed is reached and the ventilation air outlet openings are not exposed to the dominant wind direction. However, this reduction effect is not considered in Annex G, but could be taken into account by the user when evaluating the test results.

A less onerous power demand (load) cycle or other favourable conditions might make unnecessary to take solar radiation into account. The user could assess all these aspects when selecting the class of enclosure of the prefabricated substation.

On the other hand, there are a number of additional installation measures that might be adopted to reduce the internal temperature rise due to solar radiation. Shading the top of the enclosure and/or the sides more exposed to solar radiation might reduce the internal air temperature rise.

If applicable, depending on the layout and design of the prefabricated substation, the manufacturer should provide recommendations regarding the position and orientation of the prefabricated substation in order to minimize the effects of solar radiation. For example, in latitudes between the tropic and the southern pole, the side(s) of the prefabricated substation having the highest exposure to direct sunlight would be on the north facing side(s) and thus compartments housing sensitive electronic equipment could be positioned on the opposite sides.

Regular maintenance of the colour should be assured by removing dust or other contaminants and, if necessary, re-painting. Otherwise, the test in Annex G should be performed with the darkest colour.

Annex H (informative)

Installation conditions of electronic equipment

H.1 General

The use of electronic devices within prefabricated substations is growing, and becoming necessary in smart grid applications. Examples of which are, but not limited to: automatic meter reading, communications, remote system monitoring and control, equipment fault diagnostics, distribution automation, outage detection, line/cable fault protection and detection, underground cable system monitoring, conductor temperature and dynamic thermal rating.

Many of these devices contain temperature-sensitive components. Therefore, the internal air temperature in the compartment containing these devices should be taken into account, because increased temperatures, although occurring infrequently, can lead to premature aging and even a failure.

On the other hand, the access of specialists to such equipment might require the adoption of specific requirements for their safety.

H.2 Accessibility

The devices and equipment used for smart grid applications can be installed in different prefabricated substation compartments (e.g. high-voltage switchgear and controlgear compartment, low-voltage switchgear and controlgear compartment, power transformer compartment) or into a dedicated compartment inside the prefabricated substation. This equipment can also be embedded into the high-voltage switchgear and controlgear, low-voltage switchgear and controlgear or power transformer.

In general, access to the interior of the prefabricated substation is restricted to authorised personnel. To get access to the electronic equipment by specialists, for revision, repair or maintenance purposes, two situations are envisaged.

- The electronic equipment is installed in a dedicated compartment having its own independent entrance or access from the exterior.
 - In this case, the electronic specialists are not required to enter the power installation and are therefore not exposed to the associated risks. Therefore, they do not need to be authorised to access the power installations.
- The electronic equipment is installed in a compartment containing high-voltage or low-voltage switchgear and controlgear and or a power transformer.

The access to these compartments is restricted to authorised personnel. Two different cases can be considered.

- The electronic specialist is authorised to work in a power installation. In this case, no restriction to entry is necessary.
- The electronic specialist is not authorised to work in a power installation. In this case, access to the prefabricated substation requires the accompaniment of an authorised person.

H.3 Application of air temperature measurements inside the prefabricated substation

The electronic equipment should be installed in accordance with their specific instruction manuals and, in particular, respecting their operating temperature limitations specified by the manufacturer. In principle, these operating temperature limits should be considered during the design.

Because the air temperature inside a prefabricated substation can differ significantly depending on the distance from heat sources and the thermal behaviour inside the prefabricated substation, it is critical to know the air temperature in the locations where the electronic equipment will be installed. In this sense, the internal air temperature measurements taken according 7.5.104.5 can be used to select appropriate locations.

The internal air temperature should be compatible with the temperature limitations of the electronic devices to be installed in a given compartment. Alternatively, if the internal air temperature during the operation exceeds the limits of any of the electronic devices, additional measures should be taken to reduce the temperature, for example forced ventilation, air conditioning, etc.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62271-202:2022

Bibliography

- [1] IEC 61936-1:2021, *Power installations exceeding 1 kV AC and 1,5 kV DC – Part 1: AC*
- [2] IEC TR 60943, *Guidance concerning the permissible temperature rise for parts of electrical equipment, in particular for terminals*
- [3] IEC TS 62271-304:2019, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 304: Classification of indoor enclosed switchgear and controlgear for rated voltages above 1 kV up to and including 52 kV related to the use in special service conditions with respect to condensation and pollution*
- [4] IEC 60059:1999, *IEC standard current ratings*
- [5] IEC 60076 (all parts), *Power transformers*
- [6] IEC 62271-4:2013, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 4: Handling procedures for sulphur hexafluoride (SF₆) and its mixtures*
- [7] 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)*
IEC 60724:2000/AMD1:2008
- [8] IEC 60479-1, *Effects of current on human beings and livestock – Part 1: General aspects*
- [9] IEC 60364-4-41:2005, *Low-voltage electrical installations – Part 4-41: Protection for safety – Protection against electric shock*
- [10] IEC 60721-3-2:2018, *Classification of environmental conditions – Part 3-2: Classification of groups of environmental parameters and their severities – Transportation and Handling*
- [11] CTU Code:2014, IMO/ILO/UNECE *Code of Practice for Packing of Cargo Transport Units*
- [12] IEC TR 61641:2014, *Enclosed low-voltage switchgear and controlgear assemblies – Guide for testing under conditions of arcing due to internal fault*
- [13] IEC TS 63107:2020, *Integration of internal arc-fault mitigation systems in power switchgear and controlgear assemblies (PSC-Assemblies) according to IEC 61439-2*
- [14] IEC 60068 (all parts), *Environmental testing*
- [15] ISO TR 16335, *Corrosion of metals and alloys – Corrosion tests in artificial atmospheres – Guidelines for selection of accelerated corrosion test for product qualification*
- [16] 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*
- [17] IEC TR 62271-312:2021, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 312: Guidance for the transferability of type tests of high-voltage/low-voltage prefabricated substations*
- [18] IEC 60243-1:2013, *Electric strength of insulating materials – Test methods – Part 1: Tests at power frequencies*

- [19] ISO 9223, *Corrosion of metals and alloys — Corrosivity of atmospheres — Classification, determination and estimation*
- [20] ISO 9224, *Corrosion of metals and alloys — Corrosivity of atmospheres — Guiding values for the corrosivity categories*
- [21] IEC TR 62655, *Tutorial and application guide for high-voltage fuses*
- [22] ISO/IEC Guide 51:2014, *Safety aspects – Guidelines for their inclusion in standards*
- [23] IEC 60721-2-6:1990, *Classification of environmental conditions – Part 2: Environmental conditions appearing in nature – Earthquake vibration and shock*
- [24] IEC TS 62271-210:2013, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 210: Seismic qualification for metal enclosed and solid-insulation enclosed switchgear and controlgear assemblies for rated voltages above 1 kV and up to and including 52 kV*
- [25] IEC/IEEE 82079-1:2019, *Preparation of information for use (instructions for use) of products – Part 1: Principles and general requirements*
- [26] ISO 17096, *Cranes – Safety – Load lifting attachments*
- [27] VDI/BV-BS 6205 (all parts), *Lifting inserts and lifting systems for precast concrete elements*
- [28] ISO 13732-1:2006, *Ergonomics of the thermal environment – Methods for the assessment of human responses to contact with surfaces – Part 1: Hot surfaces*
- [29] IEC Guide 117:2010, *Electrotechnical equipment – Temperatures of touchable hot surfaces*
- [30] IEC 62430:2019, *Environmentally conscious design (ECD) – Principles, requirements and guidance*
- [31] ISO 1052:1982, *Steels for general engineering purposes*⁵
- [32] ISO 1460, *Metallic coatings – Hot dip galvanized coatings on ferrous materials – Gravimetric determination of the mass per unit area*
- [33] ISO 1461, *Hot dip galvanized coatings on fabricated iron and steel articles – Specifications and test methods*
- [34] ISO 2081, *Metallic and other inorganic coatings – Electroplated coatings of zinc with supplementary treatments on iron or steel*
- [35] ISO 11408, *Chemical conversion coatings – Black oxide coating on iron and steel – Specification and test methods*
- [36] ISO 10546, *Chemical conversion coatings – Rinsed and non-rinsed chromate conversion coatings on aluminium and aluminium alloys*⁶

⁵ This publication was withdrawn.

⁶ This publication was withdrawn.

- [37] ISO 2409, *Paints and varnishes – Cross-cut test*
- [38] ISO 9227, *Corrosion tests in artificial atmospheres – Salt spray tests*
- [39] ISO 11997 (all parts), *Paints and varnishes – Determination of resistance to cyclic corrosion conditions*
- [40] ISO 7784 (all parts), *Paints and varnishes – Determination of resistance to abrasion*
- [41] ISO 12944 (all parts), *Paints and varnishes – Corrosion protection of steel structures by protective paint systems*
- [42] ISO 1920-4, *Testing of concrete – Part 4: Strength of hardened concrete*⁷
- [43] ISO/DIS 4846, *Concrete – Determination of scaling resistance of surfaces exposed to de-icing chemicals*⁸
- [44] ISO 1920-2, *Testing of concrete – Part 2: Properties of fresh concrete*
- [45] EN 206-1, *Concrete – Part 1: Specification, performance, production and conformity*
- [46] ASTM C94/C 94M, *Standard specification for ready-mixed concrete*
- [47] IEC 60865-1:2011, *Short-circuit currents – Calculation of effects – Part 1: Definitions and calculation methods*
- [48] IEC TR 60865-2:2015, *Short-circuit currents – Calculation of effects – Part 2: Examples of calculation*
- [49] IEC 60076-3, *Power transformers – Part 3: Insulation levels, dielectric tests and external clearances in air*
- [50] IEC 61869 (all parts), *Instrument transformers*

⁷ This publication was withdrawn.

⁸ This publication was withdrawn.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62271-202:2022

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	127
INTRODUCTION.....	130
1 Domaine d'application	131
2 Références normatives	132
3 Termes et définitions	134
3.1 Termes et définitions généraux	134
3.2 Ensembles d'appareillage	134
3.3 Parties d'ensembles.....	134
3.4 Appareils de connexion.....	136
3.5 Parties d'appareillage	136
3.6 Caractéristiques opérationnelles de l'appareillage	136
3.7 Grandeurs caractéristiques	137
3.8 Index des définitions	137
4 Conditions normales et spéciales de service.....	137
4.1 Conditions normales de service	138
4.1.1 Généralités	138
4.1.2 Appareillage pour l'intérieur.....	138
4.1.3 Appareillage pour l'extérieur	138
4.1.101 Appareillage à basse tension.....	138
4.1.102 Transformateur de puissance	138
4.2 Conditions spéciales de service	139
4.2.1 Généralités	139
4.2.2 Altitude	139
4.2.3 Exposition à la pollution.....	140
4.2.4 Température et humidité.....	140
4.2.5 Exposition aux vibrations, chocs ou basculements anormaux	140
4.2.6 Vitesse du vent.....	140
4.2.7 Autres paramètres	140
5 Caractéristiques assignées.....	141
5.1 Généralités	141
5.2 Tension assignée (U_r).....	141
5.3 Niveau d'isolement assigné (U_d , U_p , U_s)	142
5.4 Fréquence assignée (f_r).....	142
5.5 Courant permanent assigné (I_r)	143
5.6 Courant de courte durée admissible assigné (I_k)	143
5.6.101 Courant de courte durée admissible assigné de l'appareillage à haute tension et de l'interconnexion haute tension (I_k)	143
5.6.102 Courant de courte durée admissible assigné phase-terre (I_{ke})	143
5.6.103 Courants de courte durée admissibles assignés de l'appareillage à basse tension et de l'interconnexion basse tension (I_{cw}).....	143
5.7 Valeur de crête du courant admissible assigné (I_p).....	144
5.7.101 Courant phase-terre de crête admissible assigné (I_{pe})	144
5.7.102 Valeurs de crête du courant admissible assigné de l'appareillage à basse tension et de l'interconnexion basse tension (I_{pk})	144
5.8 Durée de court-circuit assignée (t_k)	144

5.8.101	Durée de court-circuit assignée (t_k)	144
5.8.102	Durée de court-circuit phase-terre assignée (t_{ke})	144
5.8.103	Durée de court-circuit assignée de l'appareillage à basse tension et de l'interconnexion basse tension	145
5.8.104	Durée de court-circuit assignée des transformateurs de puissance	145
5.9	Tension d'alimentation assignée des circuits auxiliaires et de commande (U_a)	145
5.10	Fréquence d'alimentation assignée des circuits auxiliaires et de commande	145
5.11	Pression d'alimentation assignée en gaz comprimé pour les systèmes à pression entretenue	145
5.101	Puissance assignée du poste préfabriqué et classe assignée d'enveloppe	145
5.101.1	Puissance assignée du poste préfabriqué	145
5.101.2	Classe assignée d'enveloppe	145
5.102	Caractéristiques assignées de la classe de tenue à l'arc interne (IAC)	146
5.102.1	Généralités	146
5.102.2	Types d'accessibilité (A, B, AB)	146
5.102.3	Courants de défaut d'arc assignés (I_A , I_{Ae})	146
5.102.4	Durée de défaut d'arc assignée (t_A , t_{Ae})	147
6	Conception et construction	147
6.1	Exigences pour les liquides utilisés dans l'appareillage	147
6.2	Exigences pour les gaz utilisés dans l'appareillage	148
6.3	Raccordement à la terre de l'appareillage	148
6.4	Équipements et circuits auxiliaires et de commande	149
6.4.1	Généralités	149
6.4.2	Protection contre les chocs électriques	150
6.4.3	Composants installés dans les enveloppes	150
6.5	Manœuvre dépendante à source d'énergie extérieure	151
6.6	Manœuvre à accumulation d'énergie	151
6.7	Manœuvre indépendante sans accrochage mécanique (manœuvre indépendante manuelle ou manœuvre indépendante à source d'énergie extérieure)	151
6.8	Organes de commande à manœuvre manuelle	151
6.9	Fonctionnement des déclencheurs	151
6.10	Indication de la pression/du niveau	151
6.11	Plaques signalétiques	151
6.12	Dispositifs de verrouillage	152
6.13	Indicateur de position	152
6.14	Degrés de protection procurés par les enveloppes	152
6.15	Lignes de fuite pour les isolateurs d'extérieur	152
6.16	Étanchéité au gaz et au vide	152
6.17	Étanchéité des systèmes de liquide	152
6.18	Risque de feu (inflammabilité)	153
6.19	Compatibilité électromagnétique (CEM)	153
6.20	Émission de rayons X	153
6.21	Corrosion	153
6.22	Niveaux de remplissage pour l'isolement, la coupure et/ou la manœuvre	153
6.101	Protection du poste préfabriqué contre les contraintes mécaniques	153
6.102	Protection de l'environnement contre les conséquences des défauts internes	154
6.103	Défaut d'arc interne	154

6.104	Enveloppe.....	155
6.104.1	Généralités.....	155
6.104.2	Tenue au feu.....	156
6.104.3	Considérations environnementales.....	157
6.104.4	Capots et portes.....	158
6.104.5	Ouvertures de ventilation.....	158
6.104.6	Cloisons.....	158
6.105	Autres dispositions.....	159
6.105.1	Dispositions pour les essais diélectriques des câbles.....	159
6.105.2	Accessoires.....	159
6.105.3	Couloir de manœuvre.....	159
6.105.4	Étiquettes.....	159
6.105.5	Dispositions pour assemblage sur site du poste préfabriqué.....	159
6.106	Émission de bruit.....	159
6.107	Champs électromagnétiques.....	160
6.108	Rayonnement solaire.....	160
7	Essais de type.....	160
7.1	Généralités.....	160
7.1.1	Principes fondamentaux.....	160
7.1.2	Informations pour l'identification des objets d'essai.....	161
7.1.3	Information à inclure dans les rapports d'essai de type.....	161
7.2	Essais diélectriques.....	161
7.2.1	Généralités.....	161
7.2.2	Conditions de l'air ambiant pendant les essais.....	162
7.2.3	Modalités des essais sous pluie.....	162
7.2.4	Disposition de l'appareil.....	162
7.2.5	Conditions de réussite des essais.....	162
7.2.6	Application de la tension d'essai et conditions d'essai.....	162
7.2.7	Essais de l'appareillage de $U_T \leq 245$ kV.....	162
7.2.8	Essais de l'appareillage de $U_T > 245$ kV.....	162
7.2.9	Essais de pollution artificielle pour les isolateurs d'extérieur.....	162
7.2.10	Essais de décharges partielles.....	162
7.2.11	Essais diélectriques sur les circuits auxiliaires et de commande.....	163
7.2.12	Essai de tension comme essai de vérification d'état.....	163
7.2.101	Essais des composants à haute tension.....	163
7.2.102	Essais de l'interconnexion basse tension.....	165
7.3	Essais de tension de perturbation radioélectrique.....	165
7.4	Mesurage de la résistance.....	166
7.4.1	Mesurage de la résistance des contacts auxiliaires de classes 1 et 2.....	166
7.4.2	Mesurage de la résistance des contacts auxiliaires de classe 3.....	166
7.4.3	Essais de continuité électrique des parties métalliques reliées à la terre.....	166
7.4.4	Mesurage de la résistance des contacts et des connexions dans le circuit principal sous forme de vérification d'état.....	166
7.5	Essais au courant permanent.....	166
7.5.101	Généralités.....	166
7.5.102	Conditions d'essai.....	167
7.5.103	Méthodes d'essai.....	168
7.5.104	Mesurages.....	173
7.5.105	Critères d'acceptation.....	175

7.5.106	Essai au courant permanent sous rayonnement solaire	175
7.6	Essais au courant de courte durée admissible et à la valeur de crête du courant admissible	176
7.7	Vérification de la protection.....	176
7.8	Essais d'étanchéité	177
7.9	Essais de compatibilité électromagnétique (CEM)	177
7.10	Essais complémentaires sur les circuits auxiliaires et de commande.....	177
7.10.1	Généralités	177
7.10.2	Essais fonctionnels	177
7.10.3	Vérification des caractéristiques de fonctionnement des contacts auxiliaires	177
7.10.4	Essais d'environnement.....	177
7.10.5	Essais diélectriques	178
7.11	Essai des rayonnements X pour les ampoules à vide	178
7.101	Calculs et essais mécaniques	178
7.101.1	Pression du vent.....	178
7.101.2	Charges sur la toiture	178
7.101.3	Impacts mécaniques	178
7.101.4	Manutention.....	178
7.102	Essai d'arc interne	178
7.102.1	Généralités	178
7.102.2	Conditions d'essai	179
7.102.3	Disposition de l'appareil.....	180
7.102.4	Procédure d'essai	180
7.102.5	Conditions de réussite des essais	180
7.102.6	Rapport d'essai	182
7.102.7	Extension des résultats d'essai.....	182
7.103	Mesurage ou calcul des champs électromagnétiques	183
8	Essais individuels de série	183
8.1	Généralités	183
8.2	Essai diélectrique sur le circuit principal	183
8.3	Essais des circuits auxiliaires et de commande	183
8.3.1	Inspection des circuits auxiliaires et de commande, et vérification de la conformité aux schémas de circuits et schémas de câblage.....	183
8.3.2	Essais fonctionnels	183
8.3.3	Vérification de la protection contre les chocs électriques	184
8.3.4	Essais diélectriques	184
8.4	Mesurage de la résistance du circuit principal	184
8.5	Essai d'étanchéité.....	184
8.6	Contrôles visuels et de conception	184
8.101	Autres essais fonctionnels	184
8.102	Essais après assemblage sur site	184
9	Guide pour le choix de l'appareillage (informatif)	185
9.101	Généralités	185
9.102	Choix des valeurs assignées.....	185
9.103	Choix de la classe d'enveloppe	185
9.104	Défaut d'arc interne	186
9.104.1	Généralités	186
9.104.2	Causes et mesures préventives	187

9.104.3	Mesures de protection supplémentaires	187
9.104.4	Considérations relatives au choix et à l'installation	189
9.104.5	Classe de tenue à l'arc interne	189
9.105	Résumé des exigences techniques et des caractéristiques assignées.....	190
10	Informations à donner dans les appels d'offres, les offres et les commandes (informative)	196
10.1	Généralités	196
10.2	Informations dans les appels d'offres et les commandes	197
10.3	Informations avec les offres	197
11	Transport, stockage, installation, instructions de fonctionnement et maintenance	198
11.1	Généralités	198
11.2	Conditions à respecter pendant le transport, le stockage et l'installation.....	198
11.3	Installation	198
11.3.1	Généralités	198
11.3.2	Déballage et manutention	199
11.3.3	Assemblage.....	199
11.3.4	Montage	199
11.3.5	Raccordements.....	199
11.3.6	Informations relatives au gaz et aux mélanges de gaz pour les systèmes à pression entretenue et à pression autonome	199
11.3.7	Inspection finale de l'installation	199
11.3.8	Données d'entrée de base fournies par l'utilisateur.....	200
11.3.9	Données d'entrée de base fournies par le constructeur.....	200
11.4	Instructions de fonctionnement	200
11.5	Maintenance	200
12	Sécurité.....	200
12.101	Généralités	200
12.102	Aspects électriques.....	200
12.103	Aspects mécaniques.....	201
12.104	Aspects thermiques	201
12.105	Aspects liés à un arc interne	201
13	Influence du produit sur l'environnement	201
Annexe A (normative)	Défaut d'arc interne – Méthode de vérification de la classe de tenue à l'arc interne (IAC).....	202
A.1	Généralités	202
A.2	Simulation du local.....	202
A.3	Indicateurs (pour évaluer les effets thermiques des gaz).....	202
A.3.1	Généralités	202
A.3.2	Disposition des indicateurs	204
A.4	Tolérances pour les dimensions géométriques des montages d'essai	210
A.5	Paramètres d'essai	211
A.6	Procédure d'essai	211
Annexe B (normative)	Essais de vérification du niveau de bruit d'un poste de transformation préfabriqué haute tension/basse tension	216
B.1	Objet.....	216
B.2	Objet d'essai.....	216
B.3	Méthode d'essai.....	216
B.4	Mesurages	216
B.5	Présentation et calcul des résultats.....	216

Annexe C (normative) Essai d'impact mécanique	218
C.1 Essai de contrôle de la résistance aux impacts mécaniques	218
C.2 Appareil de contrôle de la protection contre les dommages mécaniques	218
Annexe D (informative) Caractéristiques assignées des transformateurs de puissance dans une enveloppe	220
D.1 Généralités	220
D.2 Transformateur de puissance immergé dans l'huile minérale	220
D.3 Transformateur de puissance de type sec	221
D.4 Exemple	225
Annexe E (informative) Exemples d'installations de mise à la terre	228
Annexe F (informative) Caractéristiques des matériaux de l'enveloppe	231
F.1 Métaux	231
F.1.1 Revêtements	231
F.1.2 Peintures	231
F.2 Béton	231
Annexe G (informative) Évaluation de l'impact du rayonnement solaire – Essai au courant permanent avec rayonnement solaire simulé	233
G.1 Généralités	233
G.2 Méthode d'essai	233
G.2.1 Généralités	233
G.2.2 Paramètres d'essai, équipements et préparation	234
G.2.3 Mode opératoire et application des courants d'essai	236
G.2.4 Mesurages	236
G.3 Évaluation des effets du rayonnement solaire	236
G.3.1 Évaluation des effets du rayonnement solaire sur l'échauffement du transformateur de puissance	236
G.3.2 Évaluation des effets du rayonnement solaire sur l'échauffement des composants autres que le transformateur de puissance	237
G.4 Considérations d'application	237
Annexe H (informative) Conditions d'installation du matériel électronique	239
H.1 Généralités	239
H.2 Accessibilité	239
H.3 Application des mesurages de la température de l'air à l'intérieur du poste préfabriqué	240
Bibliographie	241
Figure 1 – Mesurage de l'échauffement du transformateur de puissance à l'air ambiant: Δt_1	167
Figure 2 – Mesurage de l'échauffement du transformateur de puissance dans une enveloppe: Δt_2	167
Figure 3 – Schéma de la méthode préférentielle pour l'essai au courant permanent	169
Figure 4 – Schéma de la méthode alternative pour l'essai au courant permanent	170
Figure 5 – Schéma pour l'essai en circuit ouvert	172
Figure 6 – Exemple d'emplacements de mesure de la température de l'air à l'intérieur d'un poste préfabriqué sans aire de manœuvre	174
Figure A.1 – Cadre de montage pour les indicateurs verticaux	203
Figure A.2 – Indicateurs horizontaux	203
Figure A.3 – Disposition des indicateurs	210

Figure A.4 – Sélection des essais sur l'appareillage à haute tension pour la classe IAC-A.....	211
Figure A.5 – Sélection des essais sur l'appareillage à haute tension pour la classe IAC-B.....	212
Figure A.6 – Sélection des essais sur les interconnexions haute tension pour la classe IAC-A.....	213
Figure A.7 – Sélection des essais sur les interconnexions haute tension pour la classe IAC-B.....	214
Figure C.1 – Appareil d'essai d'impact	219
Figure D.1 – Facteur de charge de transformateur de puissance immergé dans l'huile minérale à l'intérieur de l'enveloppe en relation avec l'air ambiant sur le site et limites d'échauffement de l'huile en partie supérieure et dans les enroulements	221
Figure D.2 – Facteur de charge d'un transformateur de puissance de type sec à l'extérieur de l'enveloppe	221
Figure D.3 – Facteur de charge de transformateurs de puissance de type sec de classe d'isolation de 105 °C (A) dans une enveloppe	222
Figure D.4 – Facteur de charge de transformateurs de puissance de type sec de classe d'isolation de 120 °C (E) dans une enveloppe	223
Figure D.5 – Facteur de charge de transformateurs de puissance de type sec de classe d'isolation de 130 °C (B) dans une enveloppe	223
Figure D.6 – Facteur de charge de transformateurs de puissance de type sec de classe d'isolation de 155 °C (F) dans une enveloppe	224
Figure D.7 – Facteur de charge de transformateurs de puissance de type sec de classe d'isolation de 180 °C (H) dans une enveloppe	224
Figure D.8 – Facteur de charge de transformateurs de puissance de type sec de classe d'isolation de 200 °C (H) dans une enveloppe	225
Figure D.9 – Facteur de charge de transformateurs de puissance de type sec de classe d'isolation de 220 °C (H) dans une enveloppe	225
Figure E.1 – Exemple d'installation de mise à la terre	228
Figure E.2 – Exemple d'installation de mise à la terre	229
Figure E.3 – Exemple de châssis utilisé comme partie intégrante du conducteur principal de terre.....	230
Figure G.1 – Montage indicatif des sources de rayonnement de laboratoire (par exemple, lampes à chaleur rayonnante) pour l'essai au courant permanent avec rayonnement solaire simulé	235
Tableau 1 – Caractéristiques des matériaux synthétiques	156
Tableau 2 – Essais de type	161
Tableau 3 – Emplacements, causes et exemples de mesures de diminution de la probabilité d'arcs internes	188
Tableau 4 – Courant de défaut d'arc monophasé phase-terre en fonction de la mise à la terre du neutre du réseau.....	190
Tableau 5 – Résumé des exigences techniques, des propriétés et des caractéristiques assignées propres aux postes préfabriqués	191
Tableau F.1 – Traitement des revêtements	231
Tableau F.2 – Essais des revêtements.....	231
Tableau F.3 – Essai du béton	232

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

APPAREILLAGE À HAUTE TENSION –

Partie 202: Postes préfabriqués pour courant alternatif de tensions assignées supérieures à 1 kV et inférieures ou égales à 52 kV

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Électrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. À cet effet, l'IEC – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de l'IEC"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'IEC, participent également aux travaux. 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.

L'IEC 62271-202 a été établie par le sous-comité 17C: Ensembles, du comité d'études 17 de l'IEC: Appareillage haute tension. Il s'agit d'une Norme internationale.

Cette troisième édition annule et remplace la deuxième édition, parue en 2014. Cette édition constitue une révision technique.

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

- a) révision du contenu et de la structure de l'ensemble du document avec prise en considération toute particulière de l'IEC 62271-1:2017;

- b) modification du titre et du domaine d'application afin d'inclure les postes préfabriqués de connexion haute tension;
- c) inclusion d'un ECEPD comme composante potentielle d'un poste préfabriqué MT/BT;
- d) au paragraphe 7.2.101, prise en considération nouvelle de l'influence potentielle des éléments environnants sur les performances diélectriques des composants à haute tension comme les appareillages à haute tension et les interconnexions haute tension sous enveloppe non métallique ou sans écran mis à la terre;
- e) nouvelle Annex G informative avec procédure d'essai destinée à évaluer l'effet du rayonnement solaire sur les températures à l'intérieur de l'enveloppe et comment appliquer cette procédure;
- f) nouvelle Annex H informative pour la prise en considération appropriée des conditions d'installation du matériel électronique;
- g) la puissance assignée d'un poste préfabriqué est maintenant définie comme une valeur assignée à trois paramètres. Voir le paragraphe 5.101.1:
- h) introduction de dimensions minimales pour les portes d'accès au poste préfabriqué (6.104.4) et pour la hauteur libre du couloir de manœuvre (6.105.3);
- i) révision/clarification, lorsque cela est nécessaire, des méthodes d'essai (d'échauffement) au courant permanent;
- j) correction de la Figure D.1, qui décrit le facteur de charge du transformateur de puissance immergé dans l'huile minérale à l'intérieur de l'enveloppe.

Le texte du présent document est issu des documents suivants:

Projet	Rapport de vote
17C/843/FDIS	17C/849/RVD

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

La langue employée pour l'élaboration de cette Norme internationale est l'anglais.

Le présent document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2, il a été développé selon les Directives ISO/IEC, Partie 1 et les Directives ISO/IEC, Supplément IEC, disponibles sous www.iec.ch/members_experts/refdocs. Les principaux types de documents développés par l'IEC sont décrits plus en détail sous www.iec.ch/standardsdev/publications.

Le présent document doit être lu conjointement avec l'IEC 62271-1:2017, à laquelle il fait référence et qui est applicable, sauf spécification contraire. Pour faciliter le repérage des exigences correspondantes, cette norme utilise une numérotation identique des articles et des paragraphes à celle de l'IEC 62271-1:2017. Les modifications à ces articles et paragraphes sont indiquées sous la même numérotation, alors que les paragraphes additionnels sont numérotés à partir de 101.

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

Le comité a décidé que le contenu du présent document ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous webstore.iec.ch dans les données relatives au document recherché. À cette date, le document sera

- reconduit,
- supprimé,
- remplacé par une édition révisée, ou
- amendé.

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.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62271-202:2022

INTRODUCTION

Un poste préfabriqué est défini comme un ensemble à haute tension soumis à des essais de type et qui comprend une enveloppe contenant au moins un transformateur de puissance et/ou un appareillage à haute tension et, généralement, la totalité ou certains des composants principaux suivants: appareillage à basse tension, et interconnexions électriques haute tension et basse tension. Le poste préfabriqué peut inclure tous les équipements auxiliaires et de commande nécessaires pour son fonctionnement. L'objet d'un poste préfabriqué est de fournir de l'énergie basse tension à partir d'un réseau haute tension et/ou inversement (poste de transformation haute tension/basse tension) ou de distribuer l'énergie électrique dans un réseau haute tension (poste de connexion haute tension).

Ces postes préfabriqués peuvent se trouver dans des emplacements accessibles au public et il convient que la sécurité des personnes autorisées, mais également du grand public, soit assurée dans les conditions de service spécifiées.

Par conséquent, outre les propriétés spécifiées, les caractéristiques assignées et les procédures d'essai applicables, une attention particulière a été portée aux spécifications relatives à la protection des personnes, tant les exploitants que le grand public. L'utilisation de composants soumis à des essais de type ainsi que la conception et la construction adéquates de l'ensemble contribuent à cette protection. La conception correcte et les performances du poste préfabriqué sont vérifiées au moyen d'essais de type et d'essais individuels de série appropriés décrits dans le présent document, qui incluent les essais d'arc interne (le cas échéant).

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62271-202:2022

APPAREILLAGE À HAUTE TENSION –

Partie 202: Postes préfabriqués pour courant alternatif de tensions assignées supérieures à 1 kV et inférieures ou égales à 52 kV

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 sous enveloppe. Ces postes préfabriqués sont connectés par câble à des réseaux haute tension à courant alternatif avec une tension de service inférieure ou égale à 52 kV et des fréquences de puissance inférieures ou égales à 60 Hz. Ces postes peuvent être manœuvrés de l'intérieur (à aire de manœuvre) ou de l'extérieur (sans aire de manœuvre). Ils sont conçus pour une installation extérieure en des emplacements accessibles au public et ils assurent la protection du personnel.

Ces postes préfabriqués peuvent être situés au niveau du sol ou partiellement ou complètement au-dessous du niveau du sol. Ces derniers postes sont également appelés postes préfabriqués souterrains.

En général, le présent document prend en considération deux types de postes préfabriqués:

- postes préfabriqués de connexion haute tension;
- postes de transformation préfabriqués haute tension/basse tension (élévateur et abaisseur).

Un poste préfabriqué de connexion haute tension est composé d'une enveloppe qui contient généralement les composants électriques suivants:

- appareillage à haute tension;
- équipements et circuits auxiliaires.

Un poste de transformation préfabriqué haute tension/basse tension est composé d'une enveloppe qui contient généralement les composants électriques suivants:

- transformateur(s) de puissance;
- appareillage à haute tension et à basse tension;
- interconnexions haute tension et basse tension;
- équipements et circuits auxiliaires.

Toutefois, les dispositions pertinentes du présent document sont applicables aux conceptions pour lesquelles tous ces composants électriques ne sont pas présents (par exemple, un poste préfabriqué composé d'un transformateur de puissance et d'un appareillage à basse tension).

Les composants électriques énumérés d'un poste de transformation préfabriqué haute tension/basse tension peuvent être intégrés à ce dernier soit comme composants séparés, soit comme un ensemble de type ECEPD conformément à l'IEC 62271-212.

Le présent document couvre uniquement les conceptions qui utilisent une ventilation naturelle. Toutefois, les dispositions pertinentes du présent document sont applicables aux conceptions qui utilisent d'autres moyens de ventilation à l'exception de la puissance assignée du poste préfabriqué et la classe d'enveloppe associée (voir le paragraphe 5.101), des essais au courant permanent (voir le paragraphe 7.5) et de toutes exigences liées à l'échauffement, lesquels nécessiteraient un accord entre le constructeur et l'utilisateur.

NOTE 1 L'IEC 61936-1 [1]¹ fournit des règles générales pour la conception et le montage des installations de puissance haute tension. De même, elle spécifie des exigences supplémentaires pour les connexions externes, le montage et l'exploitation sur le lieu d'installation des postes préfabriqués haute tension conformes à l'IEC 62271-202, qui sont considérés comme un élément de ce type d'installation. Les postes haute tension non préfabriqués sont généralement couverts par l'IEC 61936-1 [1].

NOTE 2 Les postes préfabriqués de connexion haute tension peuvent inclure des transformateurs de mesure, conformément à l'IEC 61869 (toutes les parties). Ces postes ne sont pas des postes de transformation préfabriqués haute tension/basse tension.

2 Références normatives

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

IEC 60050-441, *Vocabulaire électrotechnique international (IEV) – Chapitre 441: Appareillage et fusibles* (disponible à l'adresse www.electropedia.org)

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

IEC 60068-2-5:2018, *Essais d'environnement – Partie 2-5: Essais – Essai S: Rayonnement solaire simulé au niveau du sol et recommandations pour les essais de rayonnement solaire et le vieillissement aux intempéries*

IEC 60071-1:2019, *Coordination de l'isolement – Partie 1: Définitions, principes et règles*

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

IEC 60076-7:2018, *Power transformers – Part 7: Loading guide for mineral-oil-immersed power transformers* (disponible en anglais seulement)

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

IEC 60076-11:2018, *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 60529:1989, *Degrés de protection procurés par les enveloppes (Code IP)*

IEC 60529:1989/AMD1:1999

IEC 60529:1989/AMD2:2013

IEC 60664-1:2020, *Coordination de l'isolement des matériels dans les réseaux d'énergie électrique à basse tension – Partie 1: Principes, exigences et essais*

¹ Les chiffres entre crochets renvoient à la Bibliographie.

IEC 60721-1:1990, *Classification des conditions d'environnement – Partie 1: Agents d'environnement et leurs sévérités*
IEC 60721-1:1990/AMD1:1992
IEC 60721-1:1990/AMD2:1995

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

IEC 60721-2-4:2018, *Classification des conditions d'environnement – Partie 2-4: Conditions d'environnement présentes dans la nature – Rayonnement solaire et température*

IEC 60721-3-4, *Classification des conditions d'environnement – Partie 3-4: Classification des groupements des agents d'environnement et de leurs sévérités – Utilisation à poste fixe, non protégé contre les intempéries*

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, *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*²

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

IEC 61439-1:2020, *Ensembles d'appareillage à basse tension – Partie 1: Règles générales*

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

IEC 62271-1:2017, *Appareillage à haute tension – Partie 1: Spécifications communes pour appareillage à courant alternatif*

IEC 62271-200:2021, *Appareillage à haute tension – Partie 200: Appareillage sous enveloppe métallique pour courant alternatif de tensions assignées supérieures à 1 kV et inférieures ou égales à 52 kV*

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

IEC 62271-212:2016, *Appareillage à haute tension – Partie 212: Ensemble Compact d'Équipement pour Postes de Distribution (ECEPD)*

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

ISO 1716:2018, *Essais de réaction au feu de produits – Détermination du pouvoir calorifique supérieur (valeur calorifique)*

ISO 6508-1:2016, *Matériaux métalliques – Essai de dureté Rockwell – Partie 1: Méthode d'essai*

² Cette publication a été remplacée partiellement par l'IEC 61180:2016.

EN 10025-2:2019, *Produits laminés à chaud en aciers de construction – Partie 2: Conditions techniques de livraison pour les aciers de construction non alliés*

3 Termes et définitions

L'Article 3 de l'IEC 62271-1:2017 ne s'applique pas sauf indication contraire.

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

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

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

NOTE Les termes et définitions sont classés conformément à l'IEC 62271-1:2017. Les références aux parties autres que l'IEC 60050-441 sont classées de manière à être alignées sur la classification utilisée dans l'IEC 60050-441.

3.1 Termes et définitions généraux

3.2 Ensembles d'appareillage

3.2.101

poste préfabriqué

ensemble haute tension préfabriqué et soumis aux essais de type qui comprend une enveloppe contenant au moins un transformateur de puissance et/ou un appareillage à haute tension, ainsi que généralement un ou plusieurs des composants suivants: appareillage à basse tension, interconnexion haute tension et interconnexion basse tension et équipements et circuits auxiliaires et de commande

Note 1 à l'article: Un poste préfabriqué inclut tous les circuits principaux et de mise à la terre à relier par le biais d'interfaces appropriées aux câbles haute tension et basse tension externes, ainsi qu'au réseau de terre externe et au conducteur d'équipotentialité (le cas échéant).

3.2.102

unité de transport

<d'un poste préfabriqué> partie d'un poste préfabriqué adaptée à une expédition sans démontage

3.3 Parties d'ensembles

3.3.101

enveloppe

<d'un poste préfabriqué> partie d'un poste préfabriqué procurant une protection du poste contre les influences externes et un degré de protection spécifié pour les exploitants et pour le grand public contre l'approche des parties actives ou le contact avec elles ou contre le contact avec des pièces en mouvement

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-13-01, modifié – "ensemble" remplacé par "poste préfabriqué"; et la définition traite spécifiquement des "exploitants" et du "grand public".]

3.3.102**compartiment**

<d'un poste préfabriqué> partie ou zone d'un poste préfabriqué qui contient un ou plusieurs composants principaux

Note 1 à l'article: Un compartiment d'un poste préfabriqué peut être désigné par le matériel qu'il contient, par exemple, transformateur de puissance, appareillage à haute tension, appareillage à basse tension respectivement.

Note 2 à l'article: Un compartiment d'un poste préfabriqué peut être fermé, à l'exception des orifices nécessaires aux interconnexions, à la commande ou à la ventilation.

3.3.103**composant principal**

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

EXEMPLE Transformateur de puissance, appareillage à haute tension, appareillage à basse tension, etc.

3.3.104**interconnexion haute tension**

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

Note 1 à l'article: Dans les postes préfabriqués sans appareillage à haute tension, l'interconnexion haute tension fait référence à la connexion électrique entre le réseau externe, y compris le dispositif de protection (le cas échéant) et les bornes haute tension du transformateur de puissance.

3.3.105**interconnexion basse tension**

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

3.3.106**cloison**

<d'un poste préfabriqué> partie d'un poste préfabriqué séparant un compartiment des autres compartiments et procurant un degré de protection spécifié

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-13-06, modifié – "ensemble" remplacé par "poste préfabriqué"; "et procurant un degré de protection spécifié" ajouté.]

3.3.107**circuit principal**

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

3.3.108**circuit auxiliaire**

<d'un poste préfabriqué> toutes les pièces conductrices d'un poste préfabriqué insérées dans un circuit, autre que le circuit principal, destinées à la commande, la mesure, la signalisation, la régulation, l'éclairage, etc.

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-13-03, modifié – "ensemble" remplacé par "poste préfabriqué"; "l'éclairage, etc." ajouté; note supprimée.]

3.3.109**valeur assignée**

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

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-18-35, modifié – "d'un composant, d'un dispositif ou d'un matériel" remplacé par "d'un poste préfabriqué"; note à l'article supprimée.]

3.3.110

conducteur principal de terre

<d'un poste préfabriqué> conducteur qui fait partie intégrante de l'installation de mise à la terre d'un poste et qui permet la connexion électrique à la terre de tous les conducteurs de terre de chaque élément et composant principal d'un poste préfabriqué destinés à être mis à la terre

3.4 Appareils de connexion

Le paragraphe 3.4 de l'IEC 62271-1:2017 s'applique.

3.5 Parties d'appareillage

Le paragraphe 3.5 de l'IEC 62271-1:2017 s'applique.

3.6 Caractéristiques opérationnelles de l'appareillage

3.6.101

degré de protection

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

3.6.102

température de l'air ambiant

<d'un poste préfabriqué> température déterminée dans des conditions prescrites de l'air qui entoure l'enveloppe du poste préfabriqué

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-11-13, modifiée – "la totalité de l'appareil de connexion ou du fusible" remplacé par "l'enveloppe du poste préfabriqué"; note supprimée.]

3.6.103

classe d'enveloppe

<d'un poste préfabriqué> différence entre l'échauffement du transformateur de puissance dans l'enveloppe et l'échauffement du même transformateur de puissance à l'extérieur de l'enveloppe, dans des conditions normales de service, telles que définies au paragraphe 4.1

Note 1 à l'article: Les valeurs assignées du transformateur de puissance (puissance et pertes) correspondent aux valeurs assignées les plus élevées de puissance et de pertes totales associées, pour lesquelles le poste préfabriqué est conçu et soumis à l'essai.

3.6.104

poste préfabriqué de classe d'arc interne

poste préfabriqué IAC

poste préfabriqué pour lequel les critères prescrits de protection des personnes sont satisfaits en cas d'arc interne de composants d'un poste préfabriqué à haute tension, à l'exception des transformateurs de puissance, comme le démontrent les essais de type

Note 1 à l'article: L'abréviation "IAC" est dérivée du terme anglais développé correspondant "internal arc classified".

3.6.105

type d'accessibilité

caractéristique liée au niveau de protection assuré aux personnes qui ont accès à une zone définie à l'intérieur ou autour du poste préfabriqué en cas d'arc interne, comme le démontrent les essais de type

3.6.106

degré de protection contre les impacts mécaniques

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

3.6.107**exploitation normale**

<d'un poste préfabriqué> exploitation du poste préfabriqué telle que définie par les instructions d'utilisation du constructeur, correspondant aux conditions et exploitations normales en service

Note 1 à l'article: L'"exploitation normale" n'inclut pas la maintenance, le transport et le stockage.

3.7 Grandeurs caractéristiques**3.7.101****courant de défaut d'arc**

<d'un poste préfabriqué IAC> 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

3.7.102**durée de défaut d'arc**

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

3.7.103**facteur de charge de transformateur de puissance**

rapport par unité de courant constant issu d'un transformateur de puissance à sa tension assignée sur le courant assigné de ce transformateur de puissance

Note 1 à l'article: Ce terme est également exprimé comme le rapport courant de charge/courant assigné à la tension assignée. Voir l'IEC 60076-7 et l'IEC 60076-12.

3.8 Index des définitions

A-C	
circuit auxiliaire (d'un poste préfabriqué)	3.3.108
circuit principal (d'un poste préfabriqué)	3.3.107
classe d'enveloppe (d'un poste préfabriqué)	3.6.103
cloison (d'un poste préfabriqué)	3.3.106
compartiment (d'un poste préfabriqué)	3.3.102
composant principal (d'un poste préfabriqué)	3.3.103
conducteur principal de terre (d'un poste préfabriqué)	3.3.110
courant de défaut d'arc	3.7.101
D-M	
degré de protection	3.6.101
degré de protection contre les impacts mécaniques	3.6.106
durée de défaut d'arc	3.7.102
enveloppe (d'un poste préfabriqué)	3.3.101
exploitation normale (d'un poste préfabriqué)	3.6.107
facteur de charge de transformateur de puissance	3.7.103
interconnexion haute tension	3.3.104
interconnexion basse tension	3.3.105
N-Z	
poste préfabriqué	3.2.101
poste préfabriqué de classe d'arc interne	3.6.104
température de l'air ambiant (d'un poste préfabriqué)	3.6.102
type d'accessibilité	3.6.105
unité de transport (d'un poste préfabriqué)	3.2.102
valeur assignée (d'un poste préfabriqué)	3.3.109

4 Conditions normales et spéciales de service

L'Article 4 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable, à l'exception de ce qui suit.

4.1 Conditions normales de service

4.1.1 Généralités

Le paragraphe 4.1.1 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable, avec le complément suivant.

Sauf spécification contraire dans le présent document, le poste préfabriqué est destiné à être utilisé conformément à ses caractéristiques assignées et aux emplacements conformes aux conditions normales de service définies pour l'appareillage pour l'extérieur au paragraphe 4.1.3 de l'IEC 62271-1:2017.

À l'intérieur de l'enveloppe du poste préfabriqué, les conditions normales de service d'intérieur définies pour l'appareillage pour l'intérieur au paragraphe 4.1.2 de l'IEC 62271-1:2017 prévalent par hypothèse.

Généralement, la température de l'air à l'intérieur de l'enveloppe du poste préfabriqué est différente de la température de l'air ambiant définie au paragraphe 3.6.102.

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

Un fonctionnement dans les conditions normales de service est considéré comme couvert par les essais de type selon le présent document.

4.1.2 Appareillage pour l'intérieur

Le paragraphe 4.1.2 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable à l'appareillage à haute tension, à l'interconnexion haute tension, aux équipements et circuits auxiliaires et de commande, ainsi qu'à l'interconnexion basse tension à l'intérieur du poste préfabriqué.

4.1.3 Appareillage pour l'extérieur

Le paragraphe 4.1.3 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable au poste préfabriqué.

4.1.101 Appareillage à basse tension

Le paragraphe 7.1 de l'IEC 61439-1:2020 est applicable à l'appareillage à basse tension avec le complément suivant.

Le macroenvironnement correspond aux conditions normales de service à l'intérieur du poste préfabriqué, et le microenvironnement correspond aux conditions proches des parties isolantes de l'appareillage à basse tension.

Sauf stipulation contraire du constructeur, par hypothèse, le degré de pollution 1 défini au paragraphe 7.1.2 de l'IEC 61439-1:2020 s'applique pour le microenvironnement à l'intérieur de l'appareillage à basse tension.

4.1.102 Transformateur de puissance

L'IEC 60076-1:2011 est applicable pour les transformateurs de puissance immergés dans un liquide et l'IEC 60076-11:2018 est applicable pour les transformateurs de puissance de type sec.

Un transformateur de puissance chargé à son courant assigné, à l'intérieur d'une enveloppe a un échauffement qui est généralement supérieur à l'échauffement en environnement ouvert, et les limites de température définies dans l'IEC 60076-2:2011 ou l'IEC 60076-11:2018 peuvent être dépassées.

Les conditions de service du transformateur de puissance sont déterminées selon les conditions locales de service pour l'extérieur et selon la classe de l'enveloppe (voir le paragraphe 5.101.2).

Cette disposition permet au constructeur ou à l'utilisateur du transformateur de puissance de calculer son déclassement possible (voir l'Annex D).

4.2 Conditions spéciales de service

4.2.1 Généralités

Le paragraphe 4.2.1 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable, à l'exception de ce qui suit.

Le poste préfabriqué peut être exposé à des agents d'environnement et leurs sévérités plus forts que ceux définis par les conditions de service définies au paragraphe 4.1. Les classifications à l'air libre définies par l'IEC 60721-3-4 peuvent être utilisées pour définir des conditions spéciales de service pour le poste préfabriqué.

4.2.2 Altitude

Le paragraphe 4.2.2 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable, avec les compléments et précisions suivants.

L'altitude de l'installation peut également avoir une influence sur l'effet de refroidissement de l'air ambiant et de ce fait sur l'échauffement des composants du poste préfabriqué.

4.2.2.101 Isolation

Pour l'installation de l'appareillage à haute tension et/ou de l'interconnexion haute tension à une altitude de plus de 1 000 m, se reporter au paragraphe 4.2.2 de l'IEC 62271-1:2017.

Pour l'installation de l'appareillage à basse tension et/ou de l'interconnexion basse tension à une altitude de plus de 2 000 m, se reporter au paragraphe 7.2 de l'IEC 61439-1:2020.

Pour l'installation du transformateur de puissance à une altitude supérieure à 1 000 m, se reporter à l'IEC 60076-2:2011 ou à l'IEC 60076-11:2018.

4.2.2.102 Échauffement

Pour l'installation de l'appareillage à haute tension et de l'interconnexion haute tension, ainsi que de l'appareillage à basse tension et de l'interconnexion basse tension à une altitude comprise entre 2 000 m et 4 000 m, les limites d'échauffement du Tableau 14 de l'IEC 62271-1:2017 doivent être réduites de 1 % tous les 100 m au-delà d'une altitude de 2 000 m afin de ne pas dépasser les limites de température exigées à une température de l'air de 40 °C à l'intérieur du poste préfabriqué. Il convient d'appliquer ces limites réduites d'échauffement au cours de l'essai de type au courant permanent à une altitude inférieure à 2 000 m. Toutefois, cette correction est généralement inutile en raison de la température maximale réduite de l'air ambiant à des altitudes au-delà de 2 000 m. Voir l'IEC TR 60943 [2].

Pour l'installation du transformateur de puissance à une altitude supérieure à 1 000 m, se reporter à l'IEC 60076-2:2011 ou à l'IEC 60076-11:2018.

4.2.3 Exposition à la pollution

Le paragraphe 4.2.3 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable, à l'exception de ce qui suit.

Lorsque l'isolation peut être altérée par la pollution à l'intérieur de l'enveloppe, il convient de sélectionner la classe de sévérité de pollution de site en prenant en considération le fait que la pluie ne nettoie pas une atmosphère salée ou une pollution industrielle, introduite par les ventilations de l'enveloppe. La classe de sévérité de pollution de site à l'intérieur de l'enveloppe, dans de telles circonstances, peut être plus défavorable que celle existante à l'extérieur de l'enveloppe.

Pour les postes préfabriqués prévus pour être installés dans des environnements avec les classes de sévérité de pollution de site c (moyenne), d (élevée) et e (très élevée) conformément à l'IEC TS 60815-1:2008, il convient que l'isolation exposée, le cas échéant, soit conçue pour résister à ces niveaux de pollution. Le Tableau K.1 de l'IEC 62271-1:2017 donne des exemples de niveaux d'environnement typiques. En variante, il convient de prendre des mesures afin d'empêcher le cumul de pollution sur les surfaces exposées de l'isolation conformément à l'Annexe C de l'IEC TS 62271-304:2019 [3].

Pour l'installation du poste préfabriqué dans un air ambiant pollué, il convient que les agents d'environnement qui définissent le degré de pollution soient spécifiés conformément à l'IEC 60721-3-4.

4.2.3.101 Appareillage à basse tension

Se reporter à l'IEC 60664-1:2020 et au paragraphe 7.1.7.2 de l'IEC 61439-1:2020.

4.2.3.102 Transformateur de puissance

Se reporter au paragraphe 5.5 de l'IEC 60076-1:2011, à l'exception des transformateurs de puissance de type sec pour lesquels il convient de se reporter aux paragraphes 4.2 f) et 12.2 de l'IEC 60076-11:2018 afin de sélectionner une classe d'environnement appropriée.

4.2.4 Température et humidité

Le paragraphe 4.2.4 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable, avec le complément suivant.

Si les conditions de service sur le site prévu d'installation ne sont pas dans les limites des "conditions normales de service", alors les limites de l'échauffement du transformateur de puissance et/ou le facteur de charge doivent être modifiés en conséquence, compte tenu de la classe de l'enveloppe. Voir le paragraphe 5.101 et l'Annex D.

4.2.5 Exposition aux vibrations, chocs ou basculements anormaux

Le paragraphe 4.2.5 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable.

4.2.6 Vitesse du vent

Le paragraphe 4.2.6 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable.

4.2.7 Autres paramètres

Le paragraphe 4.2.7 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable, avec le complément suivant.

Lorsque l'éclairement solaire énergétique à l'emplacement d'installation du poste préfabriqué dépasse 1 000 W/m², il convient que l'utilisateur spécifie une valeur appropriée parmi les valeurs données dans l'IEC 60721-2-4.

Pour les besoins d'évaluation de l'effet du rayonnement solaire sur l'échauffement d'un poste préfabriqué exposé au rayonnement solaire direct (se reporter à l'Annex G), le niveau maximal (densité de puissance) de l'éclairement solaire énergétique (SI - *solar irradiance*) supposé pour les postes préfabriqués exposés au rayonnement solaire direct est égal à 1,09 kW/m² conformément à l'IEC 60068-2-5:2018. Le choix d'une autre valeur peut être envisagé selon l'emplacement réel d'installation et est soumis à un accord entre l'utilisateur et le constructeur.

5 Caractéristiques assignées

5.1 Généralités

Le paragraphe 5.1 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable, à l'exception de ce qui suit.

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

- a) tension assignée des circuits principaux à haute tension (U_r);
- b) tension assignée des circuits principaux à basse tension (U_n , le cas échéant);
- c) niveaux d'isolement assignés (U_p , U_d et U_s , le cas échéant);
- d) fréquence assignée (f_r);
- e) courant assigné des circuits principaux à basse tension (I_{nA} , le cas échéant);
- f) courant permanent assigné des circuits principaux à haute tension (I_r);
- g) courants de courte durée admissibles assignés (I_k , I_{ke} , I_{cw}) pour les circuits principaux et les circuits de mise à la terre;
- h) 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;
- i) durée assignée de court-circuit (t_k , t_{ke}), pour les circuits principaux et les circuits de mise à la terre;
- j) tension assignée d'alimentation des dispositifs de fermeture et d'ouverture et des circuits auxiliaires et de commande (le cas échéant);
- k) fréquence assignée d'alimentation des dispositifs de fermeture et d'ouverture et des circuits auxiliaires et de commande (le cas échéant);
- l) puissance assignée du poste préfabriqué (pour les postes de transformation préfabriqués haute tension/basse tension);
- m) classe assignée d'enveloppe (pour les postes de transformation préfabriqués haute tension/basse tension);
- n) caractéristiques assignées de la classe de tenue à l'arc interne (IAC), lorsqu'elle a été attribuée par le constructeur.

5.2 Tension assignée (U_r)

Le paragraphe 5.2 de l'IEC 62271-1:2017 ne s'applique pas à l'ensemble de poste préfabriqué.

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

Se reporter au paragraphe 5.2 de l'IEC 62271-1:2017 pour l'appareillage à haute tension. Cette valeur désignée par U_r correspond à la tension la plus élevée du matériel (U_m).

Se reporter à l'IEC 60947-1 et au paragraphe 5.2 de l'IEC 61439-1:2020 pour l'appareillage à basse tension. Cette valeur désignée par U_n correspond à la tension nominale du système électrique (U_n) auquel l'appareillage est connecté.

Le paragraphe 5.4.1 de l'IEC 60076-1:2011 est applicable au transformateur de puissance. Cette valeur désignée par U_r est équivalente à la tension nominale du système électrique (U_n) auquel le transformateur est connecté. Un transformateur de puissance a deux tensions assignées différentes, une tension assignée pour le côté haute tension et une tension assignée pour le côté basse tension.

NOTE Ces valeurs sont coordonnées avec les caractéristiques du transformateur de puissance haute tension/basse tension. La tension assignée de l'appareillage à haute tension est supérieure à la tension assignée du côté haute tension du transformateur de puissance. La tension assignée de l'appareillage à basse tension peut être supérieure à la tension assignée du transformateur de puissance.

5.3 Niveau d'isolement assigné (U_d , U_p , U_s)

Le paragraphe 5.3 de l'IEC 62271-1:2017 s'applique aux composants de l'ensemble de poste préfabriqué. Les exigences et les références spécifiques pour chaque composant du poste préfabriqué sont les suivantes.

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

Pour l'appareillage à haute tension, se reporter au paragraphe 5.3 de l'IEC 62271-1:2017, et pour l'appareillage à basse tension, se reporter au paragraphe 5.2 de l'IEC 61439-1:2020 et à l'IEC 60947-1.

Les niveaux d'isolement assignés du transformateur de puissance doivent être compatibles avec les niveaux d'isolement assignés du poste préfabriqué. Se reporter au paragraphe 5.6 de l'IEC 60076-1:2011 concernant les niveaux d'isolement applicables par rapport à la tension la plus élevée du matériel (U_m).

La tension de tenue assignée minimale aux chocs de foudre de l'appareillage à basse tension doit être au moins la valeur fournie pour la catégorie IV de surtension dans le Tableau F.1 de l'IEC 60664-1:2020. Selon le réseau des différents pays, il peut être nécessaire de choisir un niveau d'isolement supérieur.

5.4 Fréquence assignée (f_r)

Le paragraphe 5.4 de l'IEC 62271-1:2017 ne s'applique pas à l'ensemble de poste préfabriqué.

Chaque poste préfabriqué doit avoir une fréquence assignée compatible avec les fréquences assignées de chacun de ses composants comme cela est défini par chaque norme de composants. Plus particulièrement, pour l'appareillage à haute tension, se reporter au paragraphe 5.4 de l'IEC 62271-1:2017, pour le transformateur de puissance, se reporter au paragraphe 5.4.2 de l'IEC 60076-1:2011 et pour l'appareillage à basse tension, se reporter à l'IEC 60947-1 et au paragraphe 5.5 de l'IEC 61439-1:2020.

Pour l'ECEPD, se reporter au paragraphe 4.3 de l'IEC 62271-212:2016.

5.5 Courant permanent assigné (I_r)

Le paragraphe 5.5 de l'IEC 62271-1:2017 ne s'applique pas à l'ensemble de poste préfabriqué.

Un poste de transformation préfabriqué haute tension/basse tension a généralement un courant permanent assigné I_r pour l'interconnexion haute tension (le cas échéant) et un courant assigné I_{nc} pour l'interconnexion basse tension (le cas échéant). Les deux types de courant dépendent de la puissance assignée du transformateur de puissance.

Un poste préfabriqué comprend également les courants permanents assignés de l'ensemble d'appareillage à haute tension et de l'ensemble d'appareillage à basse tension (le cas échéant).

Pour l'appareillage à haute tension I_r , se reporter au paragraphe 5.5 de l'IEC 62271-1:2017, et pour l'appareillage à basse tension I_{nA} , I_{nc} , I_{ng} , se reporter au paragraphe 5.3 de l'IEC 61439-1:2020. Pour les deux ensembles, les courants permanents assignés associés aux circuits connectés au transformateur de puissance doivent être compatibles avec les courants permanents assignés des interconnexions.

5.6 Courant de courte durée admissible assigné (I_k)

Le paragraphe 5.6 de l'IEC 62271-1:2017 ne s'applique pas à l'ensemble de poste préfabriqué.

Pour les courants de courte durée admissible assignés I_k et I_{ke} de l'appareillage à haute tension, de l'interconnexion haute tension et du circuit de mise à la terre, le paragraphe 5.6 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable, avec les compléments énoncés aux paragraphes 5.6.101 et 5.6.102. Le paragraphe 5.6.103 s'applique pour l'appareillage à basse tension et l'interconnexion basse tension.

5.6.101 Courant de courte durée admissible assigné de l'appareillage à 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 à haute tension et également 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, il est possible de bénéficier de dispositifs limitant le courant de court-circuit (tels que fusibles limiteurs de courant, réactances, etc.).

5.6.102 Courant de courte durée admissible assigné phase-terre (I_{ke})

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

Cette valeur assignée s'applique uniquement au circuit de mise à la terre des circuits haute tension du poste préfabriqué, c'est-à-dire entre le point de mise à la terre de l'appareillage à haute tension et le point de mise à la terre du poste préfabriqué à relier à la terre externe.

NOTE Les caractéristiques assignées du courant de 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 le Tableau 4.

5.6.103 Courants de courte durée admissibles assignés de l'appareillage à basse tension et de l'interconnexion basse tension (I_{cw})

Se reporter au paragraphe 5.3.5 de l'IEC 61439-1:2020.

5.7 Valeur de crête du courant admissible assigné (I_p)

Le paragraphe 5.7 de l'IEC 62271-1:2017 ne s'applique pas à l'ensemble de poste préfabriqué.

Pour les courants de crête admissibles assignés I_p et I_{pe} de l'appareillage à haute tension, de l'interconnexion haute tension et du circuit de mise à la terre, le paragraphe 5.7 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable, avec les compléments énoncés au paragraphe 5.7.101. Le paragraphe 5.7.102 s'applique pour l'appareillage à basse tension et l'interconnexion basse tension.

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, il est possible de bénéficier de dispositifs limitant le courant de court-circuit (tels que fusibles limiteurs de courant, réactances, etc.).

5.7.101 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.

Cette valeur assignée s'applique uniquement au circuit de mise à la terre des circuits haute tension du poste préfabriqué, c'est-à-dire entre le point de mise à la terre de l'appareillage à haute tension et le point de mise à la terre du poste préfabriqué à relier à la terre externe.

5.7.102 Valeurs de crête du courant admissible assigné de l'appareillage à basse tension et de l'interconnexion basse tension (I_{pk})

Se reporter au paragraphe 5.3.4 de l'IEC 61439-1:2020.

5.8 Durée de court-circuit assignée (t_k)

Le paragraphe 5.8 de l'IEC 62271-1:2017 ne s'applique pas à l'ensemble de poste préfabriqué.

Pour les durées de court-circuit assignées t_k et t_{ke} de l'appareillage à haute tension, de l'interconnexion haute tension et du circuit de mise à la terre, le paragraphe 5.8 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable, avec les compléments énoncés aux paragraphes 5.8.101 et 5.8.102. Le paragraphe 5.8.103 s'applique pour l'appareillage à basse tension et l'interconnexion basse tension. Le paragraphe 5.8.104 s'applique pour le transformateur de puissance.

5.8.101 Durée de court-circuit assignée (t_k)

Une durée de court-circuit assignée doit être attribuée à l'appareillage à 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, il est possible de bénéficier de dispositifs limitant la durée du courant de court-circuit (tels que fusibles limiteurs de courant).

5.8.102 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.

Cette valeur assignée s'applique uniquement au circuit de mise à la terre des circuits haute tension du poste préfabriqué, c'est-à-dire entre le point de mise à la terre de l'appareillage à haute tension et le point de mise à la terre du poste préfabriqué à relier à la terre externe.

5.8.103 Durée de court-circuit assignée de l'appareillage à basse tension et de l'interconnexion basse tension

Se reporter au paragraphe 5.3.5 de l'IEC 61439-1:2020 pour l'appareillage à basse tension et attribuer une durée de court-circuit assignée à l'interconnexion basse tension.

5.8.104 Durée de court-circuit assignée des transformateurs de puissance

Se reporter à l'IEC 60076-5:2006 et l'IEC 60076-11:2018.

5.9 Tension d'alimentation assignée des circuits auxiliaires et de commande (U_a)

Le paragraphe 5.9 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable aux circuits auxiliaires et de commande du poste préfabriqué.

5.10 Fréquence d'alimentation assignée des circuits auxiliaires et de commande

Le paragraphe 5.10 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable aux circuits auxiliaires et de commande du poste préfabriqué.

5.11 Pression d'alimentation assignée en gaz comprimé pour les systèmes à pression entretenue

Le paragraphe 5.11 de l'IEC 62271-1:2017 ne s'applique pas à l'ensemble de poste préfabriqué.

Pour l'appareillage à haute tension, le paragraphe 5.11 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable.

5.101 Puissance assignée du poste préfabriqué et classe assignée d'enveloppe

5.101.1 Puissance assignée du poste préfabriqué

La puissance assignée du poste préfabriqué indique la puissance assignée la plus élevée S_r (en kVA), les pertes totales assignées associées (en W) et les limites d'échauffement (telles que définies dans l'IEC 60076-1:2011 ou l'IEC 60076-11:2018) de tous les transformateurs de puissance pour lesquels le poste préfabriqué a été conçu et soumis à l'essai de type conformément au paragraphe 7.5. La puissance assignée est exprimée sous la forme d'une valeur assignée à trois paramètres, par exemple 630 kVA – 5 500 W – 60 K/65 K huile/enroulement pour un transformateur de puissance immergé dans l'huile ou 630 kVA – 5 500 W – classe d'isolation F pour un transformateur de puissance de type sec.

Un poste préfabriqué peut comporter plus d'une valeur assignée à trois paramètres lorsque les transformateurs de puissance avec une puissance assignée inférieure, mais avec des pertes totales supérieures constituent également une solution possible proposée par le constructeur du poste préfabriqué.

Lorsqu'un poste préfabriqué est équipé de deux transformateurs de puissance ou plus, le constructeur doit indiquer les transformateurs de puissance pour lesquels le poste préfabriqué est conçu et soumis à l'essai de type, afin de fonctionner simultanément à la puissance assignée et avec leurs pertes totales assignées associées.

5.101.2 Classe assignée d'enveloppe

La classe assignée de l'enveloppe est la classe d'enveloppe qui correspond à la puissance assignée du poste préfabriqué.

La classe assignée de l'enveloppe, les limites d'échauffement du transformateur de puissance et les conditions de service permettent de déterminer le facteur de charge du transformateur de puissance selon l'Annex D.

Il existe six classes assignées d'enveloppe: les classes 5, 10, 15, 20, 25 et 30 qui correspondent à une valeur maximale de différence d'échauffement du transformateur de puissance de 5 K, 10 K, 15 K, 20 K, 25 K et 30 K respectivement (voir la Figure 1 et la Figure 2).

NOTE Le constructeur peut assigner à une même enveloppe plusieurs classes qui correspondent à différentes valeurs de puissance et de pertes du transformateur de puissance. Ces classes supplémentaires sont confirmées par essai selon le paragraphe 7.5 (voir aussi 9.103).

La classe assignée de l'enveloppe tient compte uniquement des sources de chaleur internes, plus particulièrement celles des composants à l'intérieur de l'enveloppe. Le paragraphe 6 108 et l'Annex G traitent de l'effet d'une source de chaleur externe comme le rayonnement solaire.

5.102 Caractéristiques assignées de la classe de tenue à l'arc interne (IAC)

5.102.1 Généralités

Lorsqu'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.

5.102.2 Types d'accessibilité (A, B, AB)

Trois types d'accessibilité dans le cas d'un arc interne sont considérés.

- Accessibilité de type A: pour les postes préfabriqués qui assurent la protection des exploitants en exploitation normale, lesdits exploitants se trouvant au niveau de l'aire ou des aires sous haute tension accessibles déclarées à l'intérieur ou devant le poste préfabriqué, avec ouverture de la ou des portes nécessaires, exigées pour une exploitation normale.

NOTE Pour vérifier la protection apportée aux exploitants, il est fait une distinction entre deux types de postes préfabriqués, selon leur mode d'exploitation.

- Poste préfabriqué manœuvré de l'intérieur (à aire de manœuvre): personnel autorisé à l'intérieur du poste avec porte ouverte.
 - Poste préfabriqué manœuvré de l'extérieur (sans aire de manœuvre): personnel autorisé sur le côté exploitation haute tension du poste avec porte ouverte.
- Accessibilité de type B: pour les postes préfabriqués qui assurent la protection du grand public aux alentours du poste sur tous ses côtés accessibles et à tout moment, avec la ou les portes fermées.

Pour être qualifiée pour cette classe, l'accessibilité libre est considérée pour tous les côtés accessibles du poste préfabriqué avec toutes les portes fermées, quel que soit le mode d'exploitation du poste (de l'intérieur ou de l'extérieur). Pour des besoins de normalisation, les toitures de postes préfabriqués situées à moins de 1,9 m du sol environnant sont considérées comme accessibles. Voir la Figure A.3.

- Type d'accessibilité AB: pour les postes préfabriqués qui assurent la protection tant des exploitants que du grand public.

Pour être qualifiés pour cette classe, ces postes préfabriqués 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).

5.102.3 Courants de défaut d'arc assignés (I_A , I_{Ae})

Il convient de sélectionner la valeur normalisée des courants de défaut d'arc assignés parmi les caractéristiques des courants normaux de l'IEC 60059:1999 [4].

Deux caractéristiques assignées de courant de défaut d'arc sont reconnues:

- courant de défaut d'arc triphasé (I_A);
- courant de défaut d'arc monophasé phase-terre (I_{Ae}), le cas échéant.

Lorsque seule la caractéristique assignée triphasée est spécifiée, la caractéristique assignée monophasée est par défaut égale à 87 % de la caractéristique assignée triphasée, et il n'est pas nécessaire de la spécifier.

NOTE 1 Le constructeur spécifie les compartiments de l'appareillage à haute tension auxquels la caractéristique assignée de courant de défaut d'arc monophasée phase-terre s'applique. Cette valeur est attribuée à l'appareillage lorsque sa construction empêche l'arc d'évoluer en polyphasé, comme le démontre l'essai d'arc interne.

NOTE 2 Cette valeur de 87 % se justifie par l'essai de défaut d'arc avec amorçage biphasé. Se reporter au paragraphe 9.104.5.

Lorsque tous les compartiments haute tension de l'appareillage à haute tension et de l'interconnexion haute tension sont conçus et soumis à l'essai de type uniquement pour les défauts d'arc monophasé phase-terre, la caractéristique assignée I_A ne doit pas être attribuée.

NOTE 3 Des informations sur la relation entre le type de régime de mise à la terre du neutre et le courant de défaut d'arc monophasé phase-terre sont fournies au paragraphe 9.104.5 et dans le Tableau 4.

5.102.4 Durée de défaut d'arc assignée (t_A , t_{Ae})

Les valeurs typiques 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 admissible 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.

6 Conception et construction

L'Article 6 de l'IEC 62271-1:2017 ne s'applique pas à l'ensemble de poste préfabriqué.

Les postes préfabriqués doivent être conçus de telle façon que les opérations normales d'exploitation, d'inspection et de maintenance puissent être effectuées en toute sécurité. De plus, le poste préfabriqué doit être conçu et construit de sorte que le risque de tout accès non autorisé soit réduit le plus possible. Une attention particulière doit être portée aux charnières, clapets d'évacuation, systèmes de verrouillage, etc.

La conception du poste préfabriqué doit tenir compte des interactions possibles (par exemple, électriques, mécaniques et thermiques) sur les performances des différents composants.

Tous les composants doivent satisfaire aux normes IEC applicables.

En particulier,

- les transformateurs de puissance selon les documents applicables de l'IEC 60076 (toutes les parties) [5] énumérés à l'Article 2;
- l'appareillage à haute tension conformément à l'IEC 62271-200:2021 ou l'IEC 62271-201:2014;
- l'appareillage à basse tension conformément à l'IEC 60947-1 et l'IEC 61439 (toutes les parties);
- l'ensemble compact d'équipement pour postes de distribution (ECEPD) conformément à l'IEC 62271-212:2016.

6.1 Exigences pour les liquides utilisés dans l'appareillage

Le paragraphe 6.1 de l'IEC 62271-1:2017 ne s'applique pas à l'ensemble de poste préfabriqué.

6.2 Exigences pour les gaz utilisés dans l'appareillage

Le paragraphe 6.2 de l'IEC 62271-1:2017 ne s'applique pas à l'ensemble de poste préfabriqué.

NOTE Pour la manipulation du SF₆ dans l'appareillage à haute tension, se reporter à l'IEC 62271-4 [6].

6.3 Raccordement à la terre de l'appareillage

Le paragraphe 6.3 de l'IEC 62271-1:2017 ne s'applique pas et est remplacé par le suivant.

L'installation de mise à la terre d'un poste préfabriqué inclut les circuits suivants:

- a) circuit(s) de mise à la terre pour l'appareillage à haute tension;
- b) circuit(s) de mise à la terre pour tous les autres composants du poste préfabriqué équipé de points de mise à la terre (bornes);
- c) circuit de mise à la terre pour les parties métalliques du poste préfabriqué qui ne relèvent pas de ses composants principaux;
- d) conducteur de protection (le cas échéant) des circuits basse tension.

Un conducteur principal de terre doit être prévu pour connecter tous les circuits de terre mentionnés a) à c) et le conducteur de protection d) au réseau de terre externe.

L'Annex E présente quelques exemples typiques d'installations de mise à la terre.

Lorsque l'armature du béton ou le châssis de l'enveloppe est constitué de métal riveté ou soudé, il peut servir de conducteur principal de terre.

Le conducteur principal de terre et le conducteur de terre reliés au point de mise à la terre de l'appareillage à haute tension doivent être capables de supporter le courant de courte durée admissible assigné et le courant phase-terre de crête admissible assigné de ce point de mise à la terre à la connexion externe de mise à la terre. Le conducteur principal de terre et le conducteur de protection (le cas échéant) des circuits basse tension, doivent également être capables de supporter le courant de court-circuit pendant une durée selon le paragraphe 10.11.5.6 de l'IEC 61439-1:2020.

NOTE 1 En général, l'exigence ci-dessus est remplie lorsqu'un conducteur de terre de section appropriée est disposé sur toute la longueur du poste préfabriqué. À titre de recommandation, la densité du courant dans un conducteur de terre en cuivre ne dépasse pas, dans les conditions spécifiées de défaut à la terre, 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 [7].

Le circuit de mise à la terre est normalement conçu pour supporter une fois un défaut de court-circuit, ce qui peut rendre nécessaire une opération de maintenance après ce type d'événement.

Lorsqu'un conducteur de terre dédié est utilisé comme circuit de terre de l'appareillage à haute tension, sa section ne doit pas être inférieure à 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, compte tenu des sollicitations thermiques et mécaniques engendrées par le courant qu'elle peut devoir supporter.

NOTE 3 Des procédures peuvent être établies par les utilisateurs pour contrôler l'intégrité de toutes les parties du réseau de terre (interne et externe) soit périodiquement, soit après avoir supporté un courant de court-circuit au travers du réseau de terre.

Les composants du poste préfabriqué à relier au circuit de mise à la terre doivent inclure:

- l'enveloppe du poste préfabriqué si elle est métallique;
- l'enveloppe de l'appareillage à 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 de puissance ou le châssis métallique des transformateurs de puissance de type sec;
- le châssis et/ou l'enveloppe, lorsqu'il/elle est métallique, de l'appareillage à basse tension; et
- la connexion de mise à la terre des commandes automatiques et des dispositifs de télécommande.

Lorsque l'enveloppe du poste préfabriqué est métallique, les capots, les portes et les autres parties métalliques accessibles de cette enveloppe doivent être reliés au circuit de mise à la terre et conçus pour supporter un courant continu de 30 A jusqu'au point de connexion au circuit de mise à la terre externe en passant par le conducteur principal de terre du poste, avec une chute de tension maximale de 3 V.

Lorsque l'enveloppe du poste préfabriqué n'est pas métallique, les capots, les portes et les autres parties métalliques accessibles de cette enveloppe doivent être reliés au circuit de mise à la terre. Toutefois, cette connexion n'est pas exigée pour les parties métalliques qui ne présentent aucun risque de pouvoir devenir actives dans des conditions de défaut, par exemple, par l'utilisation de conducteurs et de connexions à écran relié à la terre haute tension en cas de proximité avec des parties métalliques de l'enveloppe, ou par la disposition d'une distance de sécurité suffisante entre les conducteurs haute tension et les parties métalliques de l'enveloppe.

Une installation appropriée du poste préfabriqué exige des mesures de mise à la terre autour du poste pour éviter les tensions dangereuses de toucher et de pas.

NOTE 4 Il existe des réglementations locales, ainsi que des normes telles que l'IEC 61936-1 [1] et l'IEC 60479-1 [8], qui fournissent des recommandations et des règles applicables pour un réseau de terre correct.

6.4 Équipements et circuits auxiliaires et de commande

6.4.1 Généralités

Le paragraphe 6.4.1 de l'IEC 62271-1:2017 s'applique, avec le complément suivant.

Le paragraphe 6.4 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable avec l'exception des paragraphes 6.4.2.1, 6.4.3.4.4, 6.4.3.4.5 et 6.4.3.5 remplacés ou modifiés par un contenu approprié au poste préfabriqué.

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 [9], au paragraphe 8.6.2 de l'IEC 61439-1:2020 et au paragraphe 7.1.6 de l'IEC 61936-1:2010 [1], selon le cas.

Face à l'utilisation répandue des dispositifs électroniques, qui peuvent contenir des composants sensibles à la température, il convient d'adopter des mesures spécifiques afin d'assurer l'installation et le fonctionnement corrects de ce type de matériel. Il convient également de prendre en considération la sécurité des personnes chargées de la maintenance de ces dispositifs. L'Annex H fournit des recommandations concernant ces deux points.

6.4.2 Protection contre les chocs électriques

6.4.2.1 Protection des circuits auxiliaires et de commande vis-à-vis du circuit principal

Le paragraphe 6.4.2.1 de l'IEC 62271-1:2017 est remplacé par le texte suivant.

Lorsque les circuits haute tension ne sont pas entourés par une enveloppe conductrice à la terre, les circuits auxiliaires et de commande installés à proximité ou sur le châssis d'installation de ces circuits haute tension doivent être protégés contre toute décharge disruptive desdits circuits. Cette exigence est vérifiée au cours des essais de type diélectriques spécifiés au paragraphe 7.2.1.

6.4.2.2 Distance d'isolement de sécurité en service

Le paragraphe 6.4.2.2 de l'IEC 62271-1:2017 s'applique.

6.4.3 Composants installés dans les enveloppes

6.4.3.1 Choix des composants

Le paragraphe 6.4.3.1 de l'IEC 62271-1:2017 s'applique.

6.4.3.2 Accessibilité

Le paragraphe 6.4.3.2 de l'IEC 62271-1:2017 s'applique.

6.4.3.3 Identification

Le paragraphe 6.4.3.3 de l'IEC 62271-1:2017 s'applique.

6.4.3.4 Exigences applicables aux composants des circuits auxiliaires et de commande

Le paragraphe 6.4.3.4 de l'IEC 62271-1:2017 s'applique.

6.4.3.4.1 Généralités

Le paragraphe 6.4.3.4.1 de l'IEC 62271-1:2017 s'applique.

6.4.3.4.2 Câblage et filerie

Le paragraphe 6.4.3.4.2 de l'IEC 62271-1:2017 s'applique.

6.4.3.4.3 Bornes

Le paragraphe 6.4.3.4.3 de l'IEC 62271-1:2017 s'applique.

6.4.3.4.4 Interrupteurs auxiliaires

Le paragraphe 6.4.3.4.4 de l'IEC 62271-1:2017 s'applique aux interrupteurs auxiliaires des appareils de connexion haute tension lorsque cela n'est pas déjà spécifié par leurs normes de composants.

6.4.3.4.5 Contacts auxiliaires et de commande

Le paragraphe 6.4.3.4.5 de l'IEC 62271-1:2017 s'applique aux contacts auxiliaires et de commande des appareils de connexion haute tension lorsque cela n'est pas déjà spécifié par leurs normes de composants.

6.4.3.4.6 Éléments chauffants

Le paragraphe 6.4.3.4.6 de l'IEC 62271-1:2017 s'applique.

6.4.3.5 Compteur de manœuvres

Le paragraphe 6.4.3.5 de l'IEC 62271-1:2017 s'applique au compteur de manœuvres des appareils de connexion haute tension lorsque cela n'est pas déjà spécifié par leurs normes de composants.

6.5 Manœuvre dépendante à source d'énergie extérieure

Le paragraphe 6.5 de l'IEC 62271-1:2017 ne s'applique pas à l'ensemble de poste préfabriqué.

6.6 Manœuvre à accumulation d'énergie

Le paragraphe 6.6 de l'IEC 62271-1:2017 ne s'applique pas à l'ensemble de poste préfabriqué.

6.7 Manœuvre indépendante sans accrochage mécanique (manœuvre indépendante manuelle ou manœuvre indépendante à source d'énergie extérieure)

Le paragraphe 6.7 de l'IEC 62271-1:2017 ne s'applique pas à l'ensemble de poste préfabriqué.

6.8 Organes de commande à manœuvre manuelle

Le paragraphe 6.8 de l'IEC 62271-1:2017 ne s'applique pas à l'ensemble de poste préfabriqué.

6.9 Fonctionnement des déclencheurs

Le paragraphe 6.9 de l'IEC 62271-1:2017 ne s'applique pas à l'ensemble de poste préfabriqué.

6.10 Indication de la pression/du niveau

Le paragraphe 6.10 de l'IEC 62271-1:2017 ne s'applique pas à l'ensemble de poste préfabriqué.

6.11 Plaques signalétiques

Le paragraphe 6.11 de l'IEC 62271-1:2017 ne s'applique pas et est remplacé par le suivant:

Chaque poste préfabriqué doit comporter une plaque signalétique durable et clairement lisible qui doit contenir au moins les informations suivantes:

- le nom du constructeur ou la marque;
- la désignation du type;
- le numéro de série;
- la ou les références des instructions du constructeur;
- l'année de fabrication;
- le numéro du présent document;

et le cas échéant:

- la classe d'enveloppe du poste préfabriqué;
- la puissance assignée du poste préfabriqué;
- la classe de tenue à l'arc interne.

Les caractéristiques assignées de l'appareillage à haute tension, des transformateurs de puissance et de l'appareillage à basse tension doivent être fournies sur des plaques signalétiques séparées, telles que définies dans leurs normes de produits respectives.

6.12 Dispositifs de verrouillage

Le paragraphe 6.12 de l'IEC 62271-1:2017 ne s'applique pas et est remplacé par le suivant:

Le verrouillage peut être nécessaire pour assurer la séquence correcte de l'exploitation des équipements, afin de réduire le plus possible les risques auxquels est exposé le personnel et ne pas endommager l'équipement. Le verrouillage peut être assuré par des méthodes électriques ou mécaniques. En cas de coupure d'alimentation électrique, les schémas de verrouillage électrique doivent être conçus pour s'interrompre en toute sécurité.

6.13 Indicateur de position

Le paragraphe 6.13 de l'IEC 62271-1:2017 ne s'applique pas à l'ensemble de poste préfabriqué.

6.14 Degrés de protection procurés par les enveloppes

Le paragraphe 6.14 de l'IEC 62271-1:2017 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, l'IEC 60529:1989/AMD1:1999 et l'IEC 60529:1989/AMD2:2013. Un degré de protection supérieur peut être spécifié conformément à l'IEC 60529:1989, l'IEC 60529:1989/AMD1:1999 et l'IEC 60529:1989/AMD2:2013. Ces degrés de protection peuvent être définis pour chaque partie de l'enveloppe qui correspond à chaque compartiment du poste préfabriqué.

NOTE Le degré de protection du poste préfabriqué peut être réduit quand les portes du poste/compartiment sont ouvertes (par exemple, pour l'exploitation, l'inspection, etc.). Dans ce type de situation, d'autres précautions peuvent être nécessaires pour assurer la protection des personnes contre l'approche des parties dangereuses afin de satisfaire aux mesures de sécurité. Voir le paragraphe 8.1 de l'IEC 61936-1:2021 [1].

6.15 Lignes de fuite pour les isolateurs d'extérieur

Le paragraphe 6.15 de l'IEC 62271-1:2017 ne s'applique pas, sauf lorsque des isolateurs d'extérieur sont exigés à l'intérieur du poste préfabriqué afin de soutenir des conducteurs haute tension.

Les niveaux de pollution à l'intérieur des postes préfabriqués peuvent exiger l'utilisation d'isolateurs d'extérieur afin de soutenir les conducteurs haute tension dans l'air (se reporter au paragraphe 4.2.3). Le choix du niveau de pollution pour les isolateurs haute tension doit tenir compte de l'exposition à la pollution du poste préfabriqué et du degré de protection procuré par le compartiment correspondant dudit poste (se reporter au paragraphe 6.14). Le niveau sélectionné de pollution à l'intérieur du compartiment doit être soumis à un accord entre le constructeur et l'utilisateur.

6.16 Étanchéité au gaz et au vide

Le paragraphe 6.16 de l'IEC 62271-1:2017 ne s'applique pas à l'ensemble de poste préfabriqué.

6.17 Étanchéité des systèmes de liquide

Le paragraphe 6.17 de l'IEC 62271-1:2017 ne s'applique pas à l'ensemble de poste préfabriqué.

6.18 Risque de feu (inflammabilité)

Le paragraphe 6.18 de l'IEC 62271-1:2017 ne s'applique pas et est remplacé par le suivant:

Pour l'enveloppe du poste préfabriqué, se reporter au paragraphe 6.104.2.

6.19 Compatibilité électromagnétique (CEM)

Le paragraphe 6.19 de l'IEC 62271-1:2017 pour l'appareillage à haute tension et le paragraphe 9.4 de l'IEC 61439-1:2020 pour l'appareillage à basse tension sont applicables.

Les caractéristiques d'émission et d'immunité d'un poste préfabriqué sont indiquées par celles de ses composants (actifs) et par leur mode d'installation et de connexion.

6.20 Émission de rayons X

Le paragraphe 6.20 de l'IEC 62271-1:2017 ne s'applique pas à l'ensemble de poste préfabriqué.

6.21 Corrosion

Le paragraphe 6.21 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable à l'ensemble de poste préfabriqué.

Le paragraphe 9.101 fait référence aux normes qui traitent des agents d'environnement et leurs sévérités, qui exercent une influence sur le comportement à la corrosion du poste préfabriqué lorsqu'il est exposé à des conditions d'air ambiant pollué.

6.22 Niveaux de remplissage pour l'isolement, la coupure et/ou la manœuvre

Le paragraphe 6.22 de l'IEC 62271-1:2017 ne s'applique pas à l'ensemble de poste préfabriqué.

Pour l'appareillage à haute tension, le paragraphe 6.22 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable.

6.101 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);

Lorsque le poste préfabriqué est installé en un emplacement auquel une sollicitation plus importante peut être prévue (par exemple, un poste souterrain situé sous une aire de trafic de véhicules, des charges de neige, etc.), ce facteur doit être pris en considération et, le cas échéant, doit respecter 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 selon le paragraphe 4.1.3 de l'IEC 62271-1:2017;

c) impacts mécaniques externes sur les capots, les portes et les ouvertures de ventilation:

- impacts mécaniques externes d'une énergie de 20 J correspondant à un degré de protection IK10 conformément à l'IEC 62262:2002.

Les impacts mécaniques accidentels au-delà de cette valeur (par exemple, du fait d'accidents de la circulation) ne sont pas couverts par le présent document et il convient de les éviter, si cela est nécessaire, par d'autres moyens de protection autour et à l'extérieur du poste préfabriqué.

d) charges liées à la manutention:

- contraintes mécaniques liées aux phases de vie de levage, de transport et de déchargement;

Ces contraintes s'appliquent à l'enveloppe préfabriquée et à ses parties, ainsi qu'aux accessoires utilisés au cours de ces phases de vie du poste préfabriqué. Ces contraintes sont dues aux charges statiques et dynamiques effectives au cours de ces phases de vie.

Les charges sont définies généralement par des réglementations régionales et locales. En l'absence de ce type d'exigence, il convient de prendre en considération la classification 2M4 pour une classification mécanique conformément à l'IEC 60721-3-2:2018 [10].

La conception des parties internes à la chaîne cinématique de la phase de vie de levage doit tenir compte des conditions les plus défavorables observées au cours de cette phase. À titre d'exemple, un poste dont le levage est prévu au moyen de quatre crochets de levage sans recourir à un système d'équilibrage des charges doit prendre en considération uniquement deux crochets pour la répartition des charges. Cette situation est due à l'effet dynamique qui modifie les charges de répartition entre trois crochets de levage donnés et trois autres crochets de levage et, de ce fait, induit le scénario le plus défavorable dans lequel le levage du poste s'effectue à partir de deux crochets même pendant une courte durée.

NOTE Le Chapitre 5 du Code CTU:2014, [11] définit différentes accélérations fondées sur des retours d'expérience de longue durée en matière de transports de marchandises tels que les transports routiers, ferroviaires et maritimes.

6.102 Protection de l'environnement contre les conséquences des défauts internes

Dans le cas de défauts internes qui laissent s'échapper des liquides dangereux d'un équipement (exemple: huile d'un transformateur de puissance ou huile d'appareillage), des dispositions doivent être prises pour conserver ces liquides dangereux et empêcher le sol d'être pollué.

Lorsqu'une ou plusieurs cuves de rétention font partie de l'enveloppe, leur contenance doit être au moins:

- pour chaque cuve: le volume total de liquides dangereux de la partie correspondante qui contient les liquides dangereux (par exemple, le transformateur de puissance, l'appareillage, etc.);
- pour une cuve commune: le volume total de liquides dangereux de la partie la plus grande qui contient les liquides dangereux (par exemple, le transformateur de puissance, l'appareillage, etc.).

6.103 Défaut d'arc interne

Un poste préfabriqué qui satisfait aux exigences du présent document 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, par sa vérification au moyen d'essais individuels de série effectués selon l'Article 8. À son tour, l'utilisateur doit faire un choix convenable, selon les caractéristiques du réseau, les procédures d'exploitation et les conditions de service (se reporter à l'Article 9).

Il convient que la probabilité qu'un défaut d'arc interne se produise en service soit minime, lorsque le poste préfabriqué est installé, exploité et maintenu suivant les instructions du constructeur. Cependant, ce type de défaut ne peut pas être complètement ignoré.

Une défaillance à l'intérieur de l'enveloppe d'un poste préfabriqué due soit à un défaut, soit à des conditions de service exceptionnelles, voire à une fausse manœuvre, peut générer un arc interne, qui représente un danger lorsque des personnes sont présentes. Les défaillances peuvent se produire dans n'importe quelle partie du poste préfabriqué. Toutefois, comme aucune exigence d'essai d'arc interne pour les appareillages à basse tension et les transformateurs de puissance n'est décrite dans leurs normes appropriées respectives, seuls les défauts d'arc qui se produisent à l'intérieur de l'enveloppe de l'appareillage à haute tension sous enveloppe et dans les interconnexions haute tension sont pris en considération dans le présent document (voir le paragraphe 7.102).

NOTE 1 L'IEC TR 61641:2014 [12] fournit des recommandations pour un essai d'arc interne dans un appareillage à basse tension sous enveloppe.

NOTE 2 L'IEC TS 63107:2020 [13] indique des exigences relatives à l'intégration et à l'essai des (IAMS - *internal arc-fault mitigation system*) dans les ensembles d'appareillages à basse tension afin de démontrer leur fonctionnement correct.

Pour les installations de poste préfabriqué sans appareillage à haute tension, voir le paragraphe 7.102.2.

Pour prendre en considération ce danger, une distinction doit être faite entre les exploitants et le grand public. L'exploitant peut se trouver à l'intérieur du poste préfabriqué (à aire de manœuvre) ou à l'extérieur et devant celui-ci (sans aire de manœuvre). Cependant, le grand public peut se trouver autour du poste préfabriqué à tout moment. Le grand public ne se trouve jamais à l'intérieur du poste préfabriqué ou à proximité immédiate du côté exploitation quand les manœuvres sont réalisées avec les portes ouvertes (lorsqu'il est manœuvré de l'extérieur). Ces zones sont considérées comme des zones à accès limité uniquement aux exploitants.

La preuve de l'efficacité de la conception pour assurer la protection du grand public et/ou des exploitants en cas de défaut d'arc interne peut être exigée. Cette preuve doit être obtenue par essai du poste préfabriqué selon le paragraphe 7.102 et l'Annex A. Les postes préfabriqués qui ont été soumis à l'essai avec succès sont qualifiés en tant que postes de classe IAC-A ou IAC-B ou IAC-AB.

Dans le cas d'un défaut d'arc interne, certains gaz qui présentent des caractéristiques toxiques peuvent être libérés dans la zone de manœuvre, ce qui exige l'évacuation du personnel de la zone polluée pour des raisons de sécurité, et permet la ventilation de l'espace avant toute nouvelle entrée.

6.104 Enveloppe

6.104.1 Généralités

L'enveloppe doit satisfaire aux conditions suivantes:

- le degré de protection doit satisfaire au paragraphe 6.14;
- les parties de l'enveloppe constituées de matériaux non conducteurs doivent satisfaire à des exigences diélectriques spécifiques. Les essais de vérification de la conformité sont décrits au paragraphe 7.2.101.2.2;
- des mesures doivent être prises afin d'éviter toute déformation pendant le transport ou la manutention, sous réserve de les appliquer selon les instructions du constructeur;

- des moyens doivent être prévus pour assurer un accès en toute sécurité afin d'effectuer les manœuvres concernant le changeur de prises du transformateur de puissance ou à des fins d'inspection, par exemple, par l'ouverture d'une porte ou, si cela est nécessaire, par le retrait d'un capot, sous réserve d'effectuer ces opérations selon les instructions du constructeur;
- le refroidissement du poste préfabriqué par ventilation naturelle;

NOTE Le présent document couvre uniquement les conceptions avec ventilation naturelle. Les postes préfabriqués qui emploient d'autres moyens de refroidissement (par exemple, refroidissement forcé) sont soumis à un accord entre le constructeur et l'utilisateur.

- il est acceptable qu'une partie d'enveloppe d'un composant devienne une partie de l'enveloppe du poste préfabriqué. Dans un tel cas, cette partie doit être conforme aux exigences applicables du présent document et de la norme de produit respective du composant.

6.104.2 Tenue au feu

6.104.2.1 Généralités

Les matériaux utilisés pour la construction de l'enveloppe du poste préfabriqué doivent avoir le niveau minimal suivant de tenue à un feu qui se produit 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 au paragraphe 6.104.2.3.

NOTE 1 Pour la tenue au feu, seule la réaction au feu est prise en considération. La résistance au feu peut être prise en considération, selon les réglementations locales, sous réserve d'un accord entre le constructeur et l'utilisateur.

NOTE 2 Les matériaux de revêtement supplémentaires à but esthétique qui ne peuvent pas satisfaire aux essais de non-inflammabilité peuvent être utilisés. Ces matériaux ne font pas partie de la structure de l'enveloppe du poste préfabriqué.

6.104.2.2 Matériaux conventionnels

Les matériaux énumérés ci-après conviennent pour les postes préfabriqués et sont considérés comme non inflammables:

- béton;
- métal (acier, aluminium, etc.);
- plâtre;
- fibre de verre ou laine de roche.

6.104.2.3 Matériaux synthétiques

L'utilisation d'enveloppes constituées de matériaux synthétiques est soumise à un accord entre le constructeur et l'utilisateur.

En cas d'accord, les matériaux synthétiques doivent être soumis à l'essai conformément à l'ISO 1182:2010 et à l'ISO 1716:2018 en respectant au minimum les valeurs du Tableau 1.

Tableau 1 – Caractéristiques des matériaux synthétiques

Caractéristiques de performances		Valeurs requises	Norme
Pouvoir calorifique supérieur (PCS)	[en MJ/kg]	$\leq 2,0$ MJ/kg	ISO 1716:2018
Échauffement (T)	[en °C]	≤ 30 °C	ISO 1182:2010
Perte de masse (Δm)	[en %]	≤ 50 %	ISO 1182:2010
Durée de flamme persistante (t_f)	[en s]	0 s	ISO 1182:2010

6.104.2.4 Autres matériaux

Le constructeur doit démontrer la non-inflammabilité des matériaux utilisés qui doit être au moins équivalente à celle du paragraphe 6.104.2.3.

6.104.3 Considérations environnementales

6.104.3.1 Généralités

L'enveloppe peut être constituée de différents matériaux (béton, métal, matériaux synthétiques, etc.). Il convient que les matériaux de l'enveloppe résistent aux détériorations dans les conditions environnementales (voir l'Article 4) pendant la durée de vie prévue, sous réserve de suivre les recommandations de maintenance du constructeur.

Un revêtement ou un traitement de surface supplémentaire peut être utilisé.

Pour évaluer les performances de tels traitements, les normes internationales correspondantes appropriées peuvent être utilisées.

L'IEC 60068 (toutes les parties) [14] donne des informations sur les procédures et la sévérité des essais d'environnement.

Il convient que le constructeur établisse les caractéristiques des revêtements et des peintures des matériaux. Des informations supplémentaires sont données à l'Annex F.

Lorsque l'enveloppe fait partie du conducteur principal de terre, des précautions doivent être prises pour empêcher la corrosion des éléments et des surfaces de contact utilisés pour conduire le courant à la terre, afin de maintenir le courant maximal admissible pendant sa durée de vie prévue.

6.104.3.2 Béton

Le béton doit être protégé contre les effets de pénétration d'eau, de carbonatation, de gel, et de diffusion de chlorures.

La peinture ou les enduits adaptés peuvent être utilisés selon le cas. Il convient que l'adhérence, le vieillissement (chaleur humide) et la résistance à l'abrasion soient pris en considération.

6.104.3.3 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 aux paragraphes F.1.1 et F.1.2. Le constructeur doit veiller à prendre en considération les caractéristiques de tenue à la corrosion du matériau.

L'ISO TR 16335 [15] donne des informations sur les essais existants de corrosion atmosphérique accélérée, comme l'IEC 60068 (toutes les parties) [14], et fournit des recommandations portant sur les domaines d'application et la corrosivité recommandés des différents essais.

6.104.3.4 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.

6.104.4 Capots et portes

Les capots et portes destinés à fermer les ouvertures du poste préfabriqué font partie intégrante de l'enveloppe. Lorsqu'ils sont fermés, ils doivent procurer le degré de protection spécifié pour l'enveloppe. Lorsque des ouvertures de ventilation sont incorporées aux capots ou aux portes, il est fait référence au paragraphe 6.104.5.

Deux catégories de capots ou portes sont reconnues en ce qui concerne l'accès au poste préfabriqué ou à ses compartiments (le cas échéant):

- a) ceux qu'il est nécessaire d'ouvrir pour une exploitation normale (capots amovibles, portes). Leur ouverture ou leur dépose ne doit pas exiger d'outils. Ils doivent être équipés de dispositifs de verrouillage ou de dispositifs d'interverrouillage appropriés;
- b) il ne doit pas être possible d'ouvrir ou de déposer tous les autres capots, portes ou toits avant que les portes ou capots, utilisés pour une exploitation normale, n'aient été ouverts ou déposés. Leur ouverture ou leur dépose doit exiger des outils ou ils sont équipés de dispositifs de verrouillage.

Les portes doivent s'ouvrir vers l'extérieur, à un angle d'au moins 90° et doivent être équipées d'un dispositif qui permet de les maintenir en position ouverte. Lorsque les portes sont articulées horizontalement en haut, l'angle d'ouverture minimal est l'angle nécessaire pour qu'une personne puisse travailler en position debout de manière ergonomique et en toute sécurité. Une hauteur libre minimale de 2 000 mm et une largeur libre de 750 mm s'appliquent lorsque l'exploitant doit passer par ces ouvertures ou se trouver en dessous.

Les postes préfabriqués souterrains exigent une trappe d'accès qui assure une sécurité suffisante pour le personnel, et dont la largeur est suffisante 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 exploitants sont à l'intérieur du poste préfabriqué ou opèrent sur des équipements à l'extérieur de celui-ci.

De plus, les capots et portes d'accès aux équipements, par exemple, dans le cas du remplacement d'un transformateur de puissance, doivent avoir des dimensions compatibles avec la taille des équipements et les outils de manutention recommandés par le constructeur du poste préfabriqué doivent être prévus.

La porte de secours doit être équipée d'une fonction de même nature de telle sorte que la porte puisse être ouverte de l'intérieur sans l'aide d'une clé, même en cas de verrouillage des portes de l'extérieur.

6.104.5 Ouvertures de ventilation

Les ouvertures de ventilation doivent être disposées ou protégées de manière à maintenir le même degré de protection (code IP) et le même degré de protection contre les impacts mécaniques (code IK) que ceux spécifiés 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.

6.104.6 Cloisons

Le degré de protection des cloisons, le cas échéant, doit être spécifié conformément à l'IEC 60529.

Le degré de protection contre les impacts mécaniques des cloisons, le cas échéant, doit être spécifié conformément à l'IEC 62262:2002.

6.105 Autres dispositions

6.105.1 Dispositions pour les essais diélectriques des câbles

Un espace suffisant doit être prévu pour assurer un accès en toute sécurité aux capots et portes des compartiments de raccordement haute tension et/ou aux points d'essai des câbles de l'appareillage à haute tension, afin de réaliser, en toute sécurité, les essais diélectriques sur les câbles.

6.105.2 Accessoires

Il convient de prévoir un espace adéquat pour le maintien des accessoires énumérés par le constructeur du poste préfabriqué, par exemple, les dispositifs de mise à la terre, les leviers de manœuvre, etc.

6.105.3 Couloir de manœuvre

Dans le cas des postes à aire de manœuvre, la largeur des couloirs de manœuvre à l'intérieur d'un poste préfabriqué doit permettre d'effectuer toute opération normale d'exploitation et de maintenance selon les instructions du constructeur des composants. La largeur de ce couloir doit être supérieure ou égale à 800 mm, avec les considérations et exceptions suivantes:

- 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 à moins de 500 mm lors de leur rotation;
- les portes, retenues en position ouverte fixe ou toute partie fixe qui dépasse de l'appareillage ne doivent pas réduire la largeur du couloir à moins de 500 mm.

Pour une raison identique, la hauteur libre des couloirs de manœuvre à l'intérieur d'un poste préfabriqué doit être d'au moins 2 000 mm.

6.105.4 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.

6.105.5 Dispositions pour assemblage sur site du poste préfabriqué

Lorsqu'un poste préfabriqué est composé de plus d'une unité de transport, il est nécessaire de déconnecter, puis de reconnecter les câbles auxiliaires et de commande d'interconnexion éventuels entre les unités de transport. Ces câbles doivent être construits de manière à éviter de devoir réverifier entièrement l'interconnexion. En cas d'utilisation de câbles multiconducteurs ou multipaires, il est recommandé d'utiliser des connecteurs à contacts mâles et femelles de manière à ce qu'aucune reconnexion incorrecte des câbles d'interconnexion ne soit possible. En variante, une communication numérique peut être utilisée.

6.106 Émission de bruit

Le ou les transformateurs de puissance constituent les principales sources de bruit. Par ailleurs, les normes applicables aux appareillages à haute tension et à basse tension ne comportent pas d'exigence sur ce sujet, et la contribution directe des composants haute tension et basse tension au niveau de bruit du poste préfabriqué est considérée, en principe, comme négligeable. L'évaluation de l'émission de bruit s'applique uniquement aux postes de transformation préfabriqués haute tension/basse tension. Lorsque cela est exigé, la détermination du niveau de bruit du poste préfabriqué doit être effectuée selon l'Annex B, sur le poste complet afin de tenir compte de toute interaction potentielle entre l'appareillage à haute tension, l'appareillage à basse tension et l'enveloppe avec le transformateur de puissance.

6.107 Champs électromagnétiques

Les postes préfabriqués en service génèrent des champs électromagnétiques qui peuvent nécessiter une évaluation pour

- aider à la planification, à l'installation, aux instructions d'emploi et à la maintenance; et
- prendre les mesures nécessaires pour satisfaire aux exigences ou aux réglementations concernant les champs électromagnétiques.

Lorsqu'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 [16].

6.108 Rayonnement solaire

Les matériaux et composants appropriés de l'enveloppe d'un poste préfabriqué doivent être choisis afin de vérifier que le rayonnement solaire n'influe pas de manière préjudiciable sur les performances au vieillissement des matériaux. Se reporter également au paragraphe 6.104.3.4.

Outre les pertes dues aux composants à l'intérieur du poste préfabriqué, le rayonnement solaire peut, dans certaines conditions de service, constituer une source de chaleur externe importante qui peut affecter les performances du poste préfabriqué. Outre l'augmentation de température des parties accessibles de l'enveloppe extérieure, l'effet du rayonnement solaire sur l'enveloppe peut entraîner une augmentation de la température de l'air interne. Ce phénomène peut exiger un déclassement du poste préfabriqué. En particulier, il peut impliquer une réduction du facteur de charge de transformateur de puissance et/ou réduire le courant admissible de l'ensemble d'appareillage. Dans certains cas, cette situation peut entraîner le dysfonctionnement prématuré ou la défaillance des dispositifs électroniques sensibles à la température.

Des mesures de conception, comme une double toiture, des enveloppes de coloris plus clairs, des doubles parois, des matériaux d'enveloppe alternatifs, etc. peuvent contribuer à réduire l'effet du rayonnement solaire sur le poste préfabriqué.

L'Annex G fournit des recommandations concernant le mode d'évaluation de l'effet du rayonnement solaire.

7 Essais de type

7.1 Généralités

7.1.1 Principes fondamentaux

Le paragraphe 7.1.1 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable, avec le complément suivant.

En principe, les essais de type doivent être réalisés sur une configuration représentative des composants d'un poste préfabriqué complet. Les composants contenus dans un poste préfabriqué doivent être soumis à l'essai selon leurs normes de produits (se reporter à l'Article 2).

Du fait de la multiplicité des types, des caractéristiques assignées et des combinaisons possibles des composants, la pratique ne permet pas de soumettre à des essais de type toutes les configurations possibles d'un poste préfabriqué. Les performances d'un poste préfabriqué peuvent être évaluées par référence aux rapports des essais de type d'un autre ou d'autres postes préfabriqués. Dans ce sens, l'IEC TR 62271-312:2021 [17], même si elle se concentre sur l'édition précédente du présent document, fournit des recommandations valables sur la transférabilité des essais de type. Toutes les précautions nécessaires doivent être prises pour n'altérer aucun des paramètres vérifiés par essai du poste préfabriqué dans la configuration en évaluation.

Les essais de type et les vérifications sont énumérés dans le Tableau 2.

Tableau 2 – Essais de type

Essais de type obligatoires		Référence
Essais de vérification du niveau d'isolement du poste préfabriqué		7.2
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 et les courants de courte durée admissibles assignés		7.6
Essais de vérification du degré de protection		7.7
Essais ou calculs de vérification de la résistance de l'enveloppe du poste préfabriqué aux contraintes mécaniques		7.101
Essais de vérification des circuits auxiliaires et de commande		7.10
Essais de type qui dépendent des exigences	Condition qui exige un essai de type	
Essais de vérification de l'échauffement des composants d'un poste préfabriqué	Postes de transformation préfabriqués haute tension/basse tension	7.5
Essais d'évaluation des effets d'un arc dû à un défaut d'arc interne	Postes préfabriqués de classe IAC-A, IAC-B ou IAC-AB	7.102
Essais de compatibilité CEM	Les composants qui incluent des circuits auxiliaires et de commande ne sont pas déjà soumis à l'essai	7.9
Essais de vérification du niveau de bruit d'un poste de transformation préfabriqué haute tension/basse tension	Soumis à un accord entre le constructeur et l'utilisateur	Annex B
Mesurage ou calcul des champs électromagnétiques générés par un poste préfabriqué	Soumis à un accord entre le constructeur et l'utilisateur	7.103
Échauffement dû au rayonnement solaire	Soumis à un accord entre le constructeur et l'utilisateur	7.5.106

Les essais de type peuvent compromettre l'aptitude à l'emploi ultérieur en service des parties soumises à l'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.

7.1.2 Informations pour l'identification des objets d'essai

Le paragraphe 7.1.2 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable.

7.1.3 Information à inclure dans les rapports d'essai de type

Le paragraphe 7.1.3 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable, avec le complément suivant:

Pour le rapport relatif aux essais d'arc interne, se reporter au paragraphe 7.102.6.

7.2 Essais diélectriques

7.2.1 Généralités

Le paragraphe 7.2.1 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable, avec les compléments suivants:

Étant donné que l'appareillage à haute tension, le ou les transformateurs de puissance et l'appareillage à basse tension ou l'ECEPD qui peuvent être contenus dans un poste préfabriqué ont été soumis à des essais de type selon les normes applicables, le paragraphe 7.2 s'applique uniquement aux parties du poste préfabriqué pour lesquelles les conditions d'installation peuvent affecter leur tenue diélectrique. Par conséquent, les composants à soumettre aux essais diélectriques sont, en principe, les suivants:

- l'interconnexion entre l'appareillage à haute tension et le transformateur de puissance;

- l'interconnexion entre le transformateur de puissance et l'appareillage à basse tension; et
- l'appareillage à haute tension sans enveloppe ou couche conductrice à la terre qui contient toutes les parties à haute tension.

NOTE Les exemples d'appareillage à haute tension avec enveloppe ou couche conductrice à la terre qui contient toutes les parties à haute tension sont ceux conformes à l'IEC 62271-200 ou à la classe PB2 de l'IEC 62271-201:2014.

7.2.2 Conditions de l'air ambiant pendant les essais

Le paragraphe 7.2.2 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable.

7.2.3 Modalités des essais sous pluie

Le paragraphe 7.2.3 de l'IEC 62271-1:2017 ne s'applique pas.

7.2.4 Disposition de l'appareil

Le paragraphe 7.2.4 de l'IEC 62271-1:2017 ne s'applique pas. À la place, se reporter au paragraphe 7.2.101.

7.2.5 Conditions de réussite des essais

Le paragraphe 7.2.5 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable aux composants soumis à un essai haute tension, avec la modification suivante:

Le deuxième alinéa du point a) qui fait référence aux essais sous pluie ne s'applique pas.

7.2.6 Application de la tension d'essai et conditions d'essai

Le paragraphe 7.2.6 de l'IEC 62271-1:2017 ne s'applique pas. À la place, se reporter au paragraphe 7.2.101.2.

7.2.7 Essais de l'appareillage de $U_r \leq 245$ kV

Le paragraphe 7.2.7 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable aux composants à haute tension à soumettre à des essais de type avec les modifications suivantes.

Les essais doivent être réalisés avec les tensions d'essai applicables du Tableau 1 ou du Tableau 2 de l'IEC 62271-1:2017. Pour les tensions d'essai par rapport à la terre et entre phases, les colonnes (2) et (4) doivent être utilisées.

7.2.8 Essais de l'appareillage de $U_r > 245$ kV

Le paragraphe 7.2.8 de l'IEC 62271-1:2017 ne s'applique pas.

7.2.9 Essais de pollution artificielle pour les isolateurs d'extérieur

Le paragraphe 7.2.9 de l'IEC 62271-1:2017 ne s'applique pas.

7.2.10 Essais de décharges partielles

Le paragraphe 7.2.10 de l'IEC 62271-1:2017 ne s'applique pas.

Certains composants utilisés dans le poste préfabriqué peuvent exiger un essai de décharge partielle, conformément à leurs normes correspondantes.

7.2.11 Essais diélectriques sur les circuits auxiliaires et de commande

Le paragraphe 7.2.11 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable.

7.2.12 Essai de tension comme essai de vérification d'état

Le paragraphe 7.2.12 de l'IEC 62271-1:2017 ne s'applique pas.

7.2.101 Essais des composants à haute tension

7.2.101.1 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 à haute tension et du côté du transformateur de puissance, dans les conditions d'installation du poste préfabriqué.

Les essais diélectriques ne sont pas exigés avec l'appareillage à haute tension sans enveloppe ou couche conductrice à la terre qui contient toutes les parties à haute tension, à soumettre à l'essai lorsque ce même appareillage a été précédemment soumis à l'essai de type dans les conditions d'installation du poste préfabriqué. Les essais diélectriques ne sont également pas exigés lorsque toutes les distances entre ses parties actives et les autres composants du poste, les parois et le plafond sont supérieures aux valeurs minimales de distance dans l'air données dans le Tableau A.1 de l'IEC 60071-1:2019 pour la tension assignée de l'appareillage à haute tension.

Dans tous les autres cas, l'interconnexion et/ou l'appareillage à haute tension doivent être soumis à des essais diélectriques selon les paragraphes 7.2.101.2 à 7.2.101.4.

Les essais peuvent être effectués par une réplique de substitution du transformateur de puissance qui reproduit la configuration de champ des traversées et de l'enveloppe du transformateur de puissance à proximité des composants à haute tension soumis à l'essai.

Lorsque seule la connexion haute tension doit être soumise à l'essai, elle doit être connectée à l'alimentation d'essai par l'intermédiaire de l'appareillage à haute tension. Seuls les appareils de connexion reliés en série au circuit d'alimentation sont fermés. Tous les autres appareils de connexion sont ouverts.

Lorsque l'appareillage à haute tension doit être soumis à l'essai, tous les appareils de connexion doivent être fermés, et tous les circuits soumis à l'essai doivent être en état de service avec des câbles connectés.

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 reliées à la terre. Les transformateurs de tension doivent être débranchés.

7.2.101.2 Application de la tension d'essai

7.2.101.2.1 Application sur les composants à haute tension

Les tensions d'essai doivent être appliquées par une connexion successive de chaque conducteur de phase du circuit principal à la borne à haute tension de l'alimentation d'essai. Tous les autres conducteurs du circuit principal et les circuits auxiliaires doivent être connectés au conducteur de terre du châssis, et à la borne de terre de l'alimentation d'essai.

Lorsque des interconnexions haute tension sans écran relié à la terre sont utilisées, les matériaux non conducteurs doivent également résister aux tensions d'essai spécifiées au paragraphe 7.2.101.4. Il convient d'appliquer les méthodes d'essai spécifiées dans l'IEC 60243-1:2013 [18] lorsque le matériau choisi satisfait aux exigences appropriées.

7.2.101.2.2 Dans le cas d'une enveloppe non conductrice

L'isolement entre les parties actives sans écran relié à la terre des composants à haute tension et la surface accessible de toute enveloppe ou toute cloison non conductrice qui sépare de tels composants doit résister aux tensions d'essai spécifiées aux paragraphes 7.2.101.3 et 7.2.101.4.

Pour vérifier la conformité à cette exigence, les surfaces accessibles de cette enveloppe ou cette cloison fabriquée en matériaux isolants doivent être couvertes, sur une face accessible, avec une feuille métallique, de surface circulaire ou carrée aussi grande que possible, mais qui ne dépasse pas 100 cm², et 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.

En outre, l'isolement entre les parties actives sans écran relié à la terre des composants à haute tension et la surface intérieure des parties isolantes de l'enveloppe ou de la cloison qui y fait face doit résister pendant 1 min à 150 % au moins de la valeur de tension assignée du poste préfabriqué.

Pour vérifier la conformité à cette exigence supplémentaire, la surface intérieure du matériau non conducteur qui fait face aux composants sans écran relié à la terre doit être couverte avec une feuille métallique, de surface circulaire ou carrée aussi grande que possible, mais qui ne dépasse pas 100 cm², et 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.

Il convient d'appliquer les méthodes d'essai spécifiées dans l'IEC 60243-1:2013 [18] lorsque le matériau choisi satisfait aux exigences appropriées.

7.2.101.3 Essais de tension aux chocs de foudre

Les composants à haute tension doivent être soumis à des essais de tension aux chocs de foudre selon le paragraphe 7.2.7.3 de l'IEC 62271-1:2017 avec le complément suivant.

Pour obtenir la forme d'onde correcte pendant l'essai, il est acceptable de déconnecter le transformateur de puissance ou d'utiliser un élément de substitution.

Pendant les essais de tension aux chocs de foudre, la borne de terre du générateur de choc doit être connectée au conducteur de terre de l'enveloppe du poste préfabriqué.

7.2.101.4 Essais de tenue à la tension à fréquence industrielle

Les composants à haute tension à soumettre à l'essai doivent être soumis à des essais de tenue à la tension à fréquence industrielle en environnement sec pendant 1 min, conformément au paragraphe 7.2.7.2 de l'IEC 62271-1:2017, avec le complément suivant.

Pendant l'essai de tenue à la tension à fréquence industrielle, une borne du transformateur de la source d'essai doit être reliée à la terre et au conducteur de terre du poste préfabriqué.

Pour éviter de saturer le transformateur de puissance pendant l'essai, il est acceptable de le déconnecter ou d'utiliser un élément de substitution.

7.2.102 Essais de l'interconnexion basse tension

7.2.102.1 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, de surface circulaire ou carrée aussi grande que possible, mais qui ne dépasse pas 100 cm², reliée à la terre. La feuille doit être appliquée sur toutes les surfaces qui peuvent être touchées par un exploitant.

Pour les essais, l'interconnexion basse tension est connectée à l'alimentation d'essai par l'intermédiaire de l'appareillage à basse tension. Seuls les appareils de connexion reliés en série au circuit d'alimentation sont fermés. Tous les autres appareils de connexion sont ouverts.

7.2.102.2 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 60664-1:2020, et la tension d'essai aux chocs de foudre assignée est choisie selon le paragraphe 5.3.

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 des intervalles de 1 s au minimum.

La tension d'essai doit être appliquée par la connexion successive de chaque conducteur de phase du circuit principal à la borne à haute tension de l'alimentation d'essai. Tous les autres conducteurs du circuit principal et les circuits auxiliaires doivent être connectés au conducteur de terre ou au châssis et à la borne de terre de l'alimentation 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 est acceptable de déconnecter le transformateur de puissance ou d'utiliser un élément de substitution.

7.2.102.3 Essais de tenue à la tension à fréquence industrielle

Les interconnexions basse tension doivent être soumises à l'essai conformément au paragraphe 10.9.2 de l'IEC 61439-1:2020.

Pour éviter de saturer le transformateur de puissance pendant l'essai, il est acceptable de le déconnecter ou d'utiliser un élément de substitution.

7.2.102.4 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.4 de l'IEC 60664-1:2020, compte tenu du groupe de matériaux et du degré de pollution.

7.3 Essais de tension de perturbation radioélectrique

Le paragraphe 7.3 de l'IEC 62271-1:2017 ne s'applique pas.

7.4 Mesurage de la résistance

7.4.1 Mesurage de la résistance des contacts auxiliaires de classes 1 et 2

Le paragraphe 7.4.1 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable aux contacts auxiliaires de classes 1 et 2 du poste préfabriqué, sauf s'ils relèvent des composants principaux déjà soumis aux essais de type.

7.4.2 Mesurage de la résistance des contacts auxiliaires de classe 3

Le paragraphe 7.4.2 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable aux contacts auxiliaires de classe 3 du poste préfabriqué, sauf s'ils relèvent des composants principaux déjà soumis aux essais de type.

7.4.3 Essais de continuité électrique des parties métalliques reliées à la terre

Le paragraphe 7.4.3 de l'IEC 62271-1:2017 ne s'applique pas aux parties métalliques reliées à la terre du poste préfabriqué et il est remplacé par le suivant:

En général, une inspection visuelle suffit pour vérifier la continuité électrique des connexions des capots et portes métalliques du poste préfabriqué au conducteur principal de terre (voir le paragraphe 6.3 **Error! Reference source not found.**). Toutefois, en cas de doute, ces connexions doivent être soumises à l'essai à un courant de 30 A (courant continu). La chute de tension doit être inférieure à 3 V entre les capots et les portes et le point (du conducteur principal de terre) de connexion au circuit de terre externe (voir l'Annex E). Lorsque le conducteur principal de terre comporte plus d'un point de connexion au circuit de terre externe, il convient de choisir le trajet électrique le plus court.

7.4.4 Mesurage de la résistance des contacts et des connexions dans le circuit principal sous forme de vérification d'état

Le paragraphe 7.4.4 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable à l'interconnexion haute tension et à l'interconnexion basse tension, le cas échéant. Pour les composants principaux du poste préfabriqué, chaque norme de composant applicable s'applique effectivement.

Il n'est pas exigé de soumettre à un nouvel essai les composants déjà soumis à des essais de type.

7.5 Essais au courant permanent

Le paragraphe 7.5 de l'IEC 62271-1:2017 est remplacé par les paragraphes suivants.

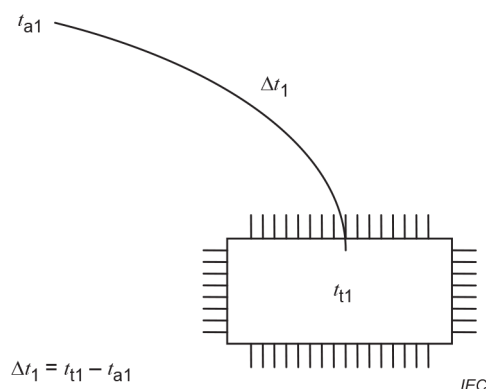
7.5.101 Généralités

Les postes préfabriqués de commutation sont exempts de l'essai au courant permanent dans la mesure où l'influence de l'enveloppe est considérée comme négligeable, par rapport à l'échauffement de l'appareillage à haute tension hébergé dans cette même enveloppe.

L'objet de cet essai, entre autres choses, est de vérifier que les échauffements des parties appropriées des composants installés dans un poste préfabriqué ne dépassent pas les limites fixées par les normes de produits de ces composants. La durée de vie prévue des parties isolantes n'est pas influencée de manière inconsidérée par la température lorsque les limites d'échauffement spécifiées, par exemple de l'appareillage à basse tension, et/ou les températures de l'air spécifiées, par exemple des composants électroniques basse tension, ne sont pas dépassées. Les caractéristiques assignées des composants du poste préfabriqué peuvent être différentes des courants assignés des circuits haute tension et basse tension de ce même poste.

NOTE Pour obtenir les limites d'échauffement spécifiées, le constructeur peut choisir des composants pour le poste préfabriqué avec un ou des courants assignés supérieurs au(x) courant(s) vérifié(s) par essai.

Plus particulièrement, pour les transformateurs de puissance, l'essai doit démontrer que l'échauffement de ces derniers à l'intérieur de l'enveloppe du poste préfabriqué ne dépasse pas l'échauffement mesuré sur le même transformateur de puissance à l'extérieur de cette enveloppe, de plus de la valeur qui définit la classe d'enveloppe dudit poste, par exemple, 5 K, 10 K, 15 K, 20 K, 25 K ou 30 K. Les deux essais comparatifs doivent être effectués avec le même transformateur. Se reporter à la Figure 1 et à la Figure 2.



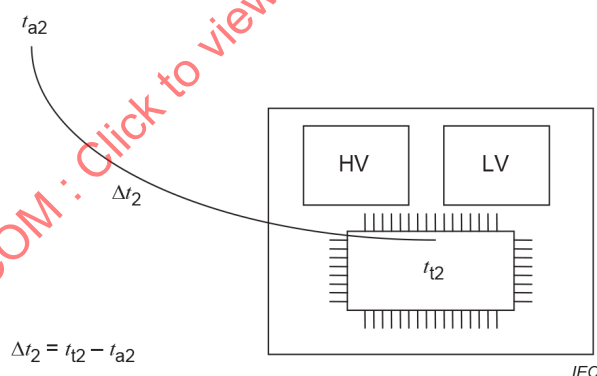
Légende

t_{a1} température de l'air ambiant dans le local d'essai

t_{t1} températures du transformateur de puissance mesurées conformément à l'IEC 60076-2:2011 et à l'IEC 60076-11:2018

Δt_1 échauffement du transformateur de puissance à l'extérieur d'une enveloppe

Figure 1 – Mesurage de l'échauffement du transformateur de puissance à l'air ambiant: Δt_1



Légende

t_{a2} température de l'air ambiant dans le local d'essai

t_{t2} températures du transformateur de puissance mesurées conformément à l'IEC 60076-2:2011 et à l'IEC 60076-11:2018

Δt_2 échauffement du transformateur de puissance à l'intérieur d'une enveloppe

Figure 2 – Mesurage de l'échauffement du transformateur de puissance dans une enveloppe: Δt_2

7.5.102 Conditions d'essai

Le poste préfabriqué doit être complet, avec ses composants 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. La puissance et les pertes du ou des transformateurs

de puissance doivent correspondre à la puissance assignée du poste préfabriqué, telle que définie au paragraphe 5.101.1.

Les essais au courant permanent doivent être réalisés simultanément sur le transformateur de puissance, les interconnexions haute tension et basse tension et les matériels à basse tension.

Lorsque le poste préfabriqué est conçu pour fonctionner avec plus d'un transformateur de puissance simultanément en service, il doit être soumis à l'essai pour ce type de condition et avec le facteur de charge applicable pour chaque transformateur de puissance comme cela est défini par son constructeur.

Il n'est pas exigé de soumettre l'appareillage à haute tension à l'essai au courant permanent.

NOTE 1 Il est pratique courante d'utiliser l'appareillage à haute tension à un courant (de charge) bien inférieur au courant permanent assigné. Compte tenu de cet élément, l'échauffement supplémentaire engendré par une opération à l'intérieur de l'enveloppe du poste préfabriqué n'a, dans la plupart des cas, aucune influence significative sur le courant maximal admissible exigé pour l'appareillage à haute tension.

L'essai doit être exécuté dans un local d'essai qui maintient la température de l'air ambiant dans les limites spécifiées au paragraphe 7.5.104.1.

L'environnement du local 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 ne dépasse pas 0,5 m/s.

NOTE 2 L'expérience a démontré que la différence d'échauffement au cours de l'essai dans un local d'un poste préfabriqué souterrain n'est pas déterminante par rapport à l'échauffement observé avec une installation souterraine.

7.5.103 Méthodes d'essai

Généralités

Deux situations sont prises en considération, en fonction des types de transformateurs de puissance installés dans le poste préfabriqué:

- transformateurs de puissance immergés dans un liquide;
- transformateurs de puissance de type sec.

7.5.103.2 Transformateurs de puissance immergés dans un liquide

7.5.103.2.1 Généralités

Lorsque le poste préfabriqué est équipé d'un transformateur de puissance immergé dans un liquide, l'une des deux méthodes d'essai suivantes doit être utilisée pour effectuer les essais au courant permanent.

La méthode d'essai préférentielle exige l'utilisation de sources de courant indépendantes pour alimenter les côtés haute tension et basse tension du poste préfabriqué.

Une méthode alternative peut être utilisée lorsque le laboratoire peut fournir uniquement une source de courant ou lorsque la conception du poste préfabriqué rend impossible les montages de connexion des deux sources de courant, voire entraîne un montage et/ou une représentation irréalistes de l'interconnexion basse tension.

7.5.103.2.2 Méthode préférentielle

7.5.103.2.2.1 Généralités

Cette méthode exige des connexions d'alimentation différentes pour le côté haute tension et le côté basse tension, respectivement.

7.5.103.2.2.2 Connexion des alimentations

La connexion des alimentations et les positions de mise en court-circuit sont expliquées comme suit.

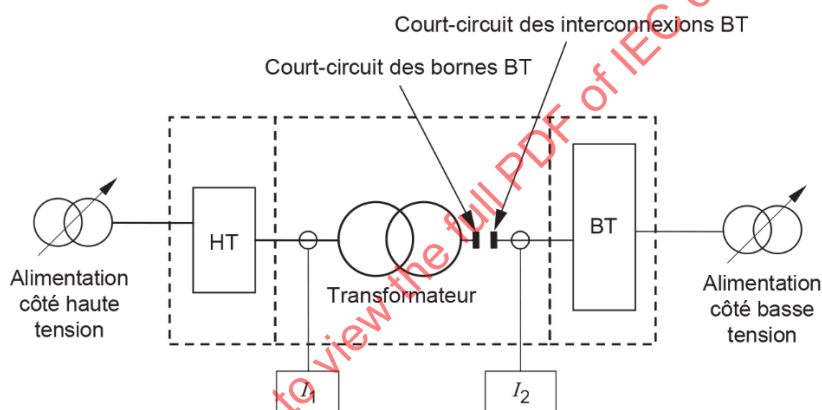
a) Côté haute tension

Le transformateur de puissance et l'appareillage à haute tension avec sa protection transformateur (par fusibles avec la caractéristique assignée adaptée ou par disjoncteur) doivent être connectés, et les bornes de sortie basse tension du transformateur de puissance doivent être mises en court-circuit. L'alimentation doit être connectée aux bornes de l'appareillage à haute tension d'arrivée. Se reporter à la Figure 3.

b) Côté basse tension

L'essai au courant permanent sur le côté basse tension doit être effectué conformément au paragraphe 10.10 de l'IEC 61439-1:2020 et aux exigences spécifiques suivantes.

L'appareillage à basse tension doit être isolé du transformateur de puissance, en un point aussi proche que possible des bornes du transformateur de puissance. En ce point, adjacent aux bornes du transformateur de puissance, un court-circuit doit être appliqué aux connexions entre le transformateur de puissance et l'appareillage à basse tension. Le courant d'essai doit être appliqué sur l'appareillage à basse tension au travers des départs.



Légende

- I_1 Courant suffisant pour générer les pertes assignées totales des transformateurs de puissance immergés dans un liquide ou du courant assigné haute tension des transformateurs de puissance de type sec
- I_2 Courant assigné basse tension du transformateur de puissance

Figure 3 – Schéma de la méthode préférentielle pour l'essai au courant permanent

7.5.103.2.2.3 Application des courants d'essai

a) Côté haute tension

Le circuit du transformateur de puissance est alimenté par un courant suffisant pour générer les pertes assignées totales du transformateur de puissance, à sa température de référence, au moyen de la méthode définie dans l'IEC 60076-2:2011.

Cet essai exige l'ajout d'un petit pourcentage au courant assigné qui circule dans le circuit complet, afin de compenser les pertes à vide du transformateur de puissance.

NOTE Pendant l'essai, la résistance varie selon la température du transformateur de puissance. Par conséquent, le courant d'essai injecté est modifié afin de maintenir la valeur des pertes constantes générées égales aux pertes totales du transformateur de puissance 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 de puissance soumis à l'essai.

La répartition du courant d'alimentation au travers des départs basse tension, doit être choisie pour être le cas d'échauffement le plus défavorable.

Lorsque les départs sont équipés de fusibles, ces derniers doivent être présents pendant l'essai et doivent représenter les conditions de service.

Les mesurages de la température de l'air ambiant, de l'appareillage à haute tension, de l'interconnexion haute tension, du transformateur de puissance, de l'interconnexion basse tension, de l'appareillage à basse tension et de l'air à l'intérieur du poste préfabriqué doivent être réalisés selon le paragraphe 7.5.104.

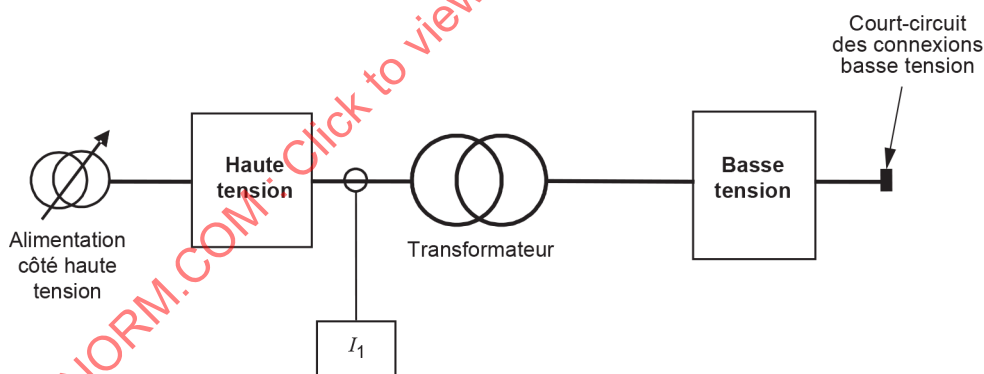
7.5.103.2.3 Méthode alternative

7.5.103.2.3.1 Généralités

Cette méthode n'exige qu'une seule source de courant.

7.5.103.2.3.2 Connexion des alimentations

L'appareillage à haute tension avec sa protection transformateur (par fusibles avec la caractéristique assignée adaptée ou par disjoncteur), le transformateur de puissance haute tension/basse tension et l'appareillage à basse tension doivent être connectés. Les bornes de sortie sélectionnées de l'appareillage à basse tension doivent être mises en court-circuit afin de répartir le courant selon le cas d'échauffement le plus défavorable. Lorsque les départs sont équipés de fusibles, ces derniers doivent être présents pendant l'essai et doivent représenter les conditions de service. L'alimentation doit être connectée aux bornes d'entrée de l'appareillage à haute tension (voir la Figure 4).



IEC

Légende

I_1 pour les transformateurs de puissance immergés dans un liquide, courant selon l'étape 1 et l'étape 2 du paragraphe 7.5.103.2.3.3 ou pour les transformateurs de puissance de type sec, courant assigné selon l'étape 2 du paragraphe 7.5.103.3

Figure 4 – Schéma de la méthode alternative pour l'essai au courant permanent

7.5.103.2.3.3 Application des courants d'essai

Pour un essai au courant permanent effectué sur un poste préfabriqué équipé d'un transformateur de puissance immergé dans un liquide, il convient que l'application des courants d'essai suive la méthode décrite au paragraphe 7.3.2 de l'IEC 60076-2:2011 qui est composée des deux étapes consécutives suivantes.

Étape 1:

Le poste préfabriqué doit être alimenté par un courant suffisant de telle sorte que le transformateur de puissance génère ses pertes assignées totales, à sa température de référence, à l'aide de la méthode définie dans l'IEC 60076-2:2011. Cette étape se poursuit jusqu'à l'établissement d'un échauffement de régime permanent de l'huile en partie supérieure du transformateur de puissance. Les mesurages de la température de l'huile en partie supérieure et de l'air ambiant doivent être réalisés selon les paragraphes 7.5.104.2 et 7.5.104.1, respectivement.

Un courant alimenté selon la même amplitude que celle exigée pour que le transformateur de puissance génère ses pertes assignées totales à l'extérieur de l'enveloppe (c'est-à-dire de lui-même – se reporter à la Figure 1) est considéré comme suffisant pour que le transformateur de puissance génère ses pertes assignées totales à l'intérieur de l'enveloppe.

NOTE La puissance totale fournie au poste préfabriqué complet est supérieure aux pertes assignées totales du transformateur de puissance en raison de la connexion de l'ensemble d'appareillage à basse tension.

Étape 2:

Le courant d'alimentation est réduit de manière à injecter le courant assigné haute tension du transformateur de puissance pendant 1 h conformément à l'IEC 60076-2:2011. Au terme de la seconde étape, les mesurages de la température de l'appareillage à basse tension, de l'interconnexion basse tension et de l'interconnexion haute tension doivent être réalisés selon les paragraphes 7.5.104.3 et 7.5.104.4, respectivement. La température de l'air ambiant doit être mesurée selon le paragraphe 7.5.104.1. Le mesurage de la température de l'air à l'intérieur du poste préfabriqué et au niveau des surfaces accessibles de l'appareillage à haute tension doit être réalisé selon les paragraphes 7.5.104.5 et 7.5.104.4, respectivement.

7.5.103.3 Transformateurs de puissance de type sec

Pour un essai au courant permanent effectué sur un poste préfabriqué équipé d'un transformateur de puissance de type sec, une méthode en trois étapes est utilisée pour mesurer avec exactitude les échauffements du transformateur, ainsi que des autres composants selon leurs normes respectives.

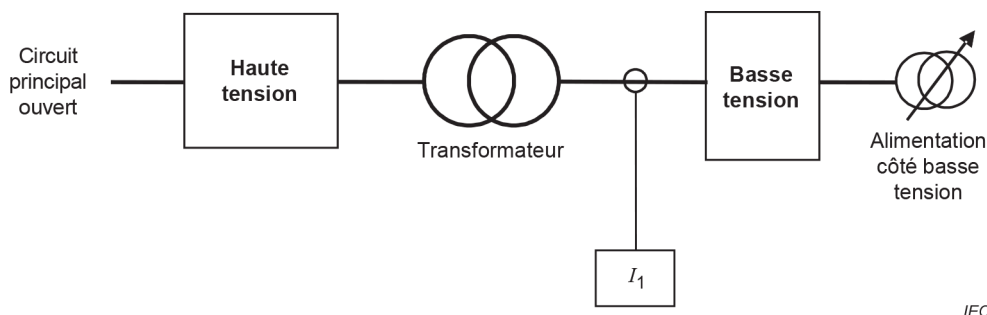
Dans le cas du transformateur, il convient que la méthode d'essai au courant permanent suive la méthode de charge simulée telle que décrite dans l'IEC 60076-11:2018 et composée de deux étapes consécutives (étape 1: essai à vide/étape 2: essai de charge et calcul de l'échauffement du transformateur de puissance).

Pour tous les autres composants, un troisième essai supplémentaire (étape 3) est nécessaire pour prendre en considération simultanément les pertes à vide et les pertes dues à la charge du transformateur de type sec.

NOTE Les pertes totales du transformateur sont significativement plus élevées que les pertes des autres composants principaux installés dans le poste préfabriqué et peuvent avoir une influence significative sur l'échauffement des autres composants.

Étape 1:

L'essai en circuit ouvert doit être réalisé de manière à appliquer la tension assignée de service (triphase) à la fréquence assignée à l'enroulement basse tension du transformateur de puissance par l'intermédiaire de l'un des départs de l'appareillage à basse tension. L'enroulement haute tension est connecté à l'appareillage à haute tension. Le circuit principal haute tension est ouvert (voir la Figure 5). Après obtention des conditions de régime permanent des enroulements et du noyau magnétique, les températures des enroulements individuels du transformateur de puissance doivent alors être mesurées selon le paragraphe 14.3.2.4 de l'IEC 60076-11:2018. La température de l'air ambiant doit être mesurée selon le paragraphe 7.5.104.1.



Légende

I_1 courant à vide du transformateur de puissance

Figure 5 – Schéma pour l'essai en circuit ouvert

Étape 2:

La connexion des alimentations est réalisée selon les paragraphes 7.5.103.2.2.2 (Figure 3) ou 7.5.103.2.3.2 (Figure 4).

L'essai en court-circuit doit être réalisé de manière à ce que le côté haute tension du poste préfabriqué soit alimenté avec le courant assigné haute tension du transformateur de puissance haute tension/basse tension. Le côté basse tension du poste préfabriqué est alimenté avec le courant assigné basse tension du transformateur de puissance haute tension/basse tension.

Lorsque la condition de régime permanent des enroulements et du noyau magnétique est atteinte, les mesurages des températures des enroulements individuels doivent être réalisés selon le paragraphe 14.3.2.4 de l'IEC 60076-11:2018.

À l'issue de la réalisation des deux étapes ci-dessus, l'échauffement du transformateur de puissance est calculé par la formule donnée au paragraphe 14.3.2.2.2 de l'IEC 60076-11:2018.

La température de l'air ambiant doit être mesurée selon le paragraphe 7.5.104.1.

Étape 3:

L'essai est réalisé à l'aide de la méthode d'essai préférentielle applicable au transformateur de puissance rempli de liquide et donnée au paragraphe 7.5.103.2.2.

Lorsque la condition de régime permanent des enroulements et du noyau magnétique est atteinte, les mesurages des températures des enroulements individuels doivent être réalisés selon le paragraphe 14.3.2.4 de l'IEC 60076-11:2018, et les mesurages des températures de l'appareillage à basse tension, de l'interconnexion basse tension et de l'interconnexion haute tension doivent être réalisés selon le paragraphe 7.5.104.3 et le paragraphe 7.5.104.4, respectivement. La température de l'air ambiant doit être mesurée selon le paragraphe 7.5.104.1. Le mesurage de la température de l'air à l'intérieur du poste préfabriqué et au niveau des surfaces accessibles de l'appareillage à haute tension doit être réalisé selon les paragraphes 7.5.104.5 et 7.5.104.4, respectivement.

7.5.104 Mesurages

7.5.104.1 Mesurage de la température de l'air ambiant

La température de l'air ambiant est la température moyenne de l'air qui entoure le poste préfabriqué. Elle doit être mesurée pendant le dernier quart de la période d'essai ou de chaque étape (selon la méthode d'essai) par le biais d'au moins quatre thermomètres, thermocouples ou autres dispositifs de mesure de la température répartis de manière égale autour du poste préfabriqué à une distance d'environ 1 m de ce dernier et approximativement à la hauteur moyenne des parties conductrices ou, dans le cas des postes préfabriqués souterrains, à mi-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 qui contiennent 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. Lorsque 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.

7.5.104.2 Transformateur de puissance

L'échauffement de l'huile en partie supérieure pour les transformateurs de puissance immergés dans un liquide doit être mesuré comme cela est indiqué dans l'IEC 60076-2:2011. L'échauffement moyen des enroulements pour les transformateurs de puissance de type sec doit être mesuré comme cela est indiqué dans l'IEC 60076-11:2018 (Voir le paragraphe 7.5.103.3).

La température de l'air à l'emplacement auquel des matériels électroniques peuvent être installés doit être mesurée. Voir le paragraphe 7.5.104.5.

7.5.104.3 Appareillage à basse tension et interconnexion basse tension

Les échauffements de l'appareillage à basse tension doivent être mesurés comme cela est indiqué au paragraphe 10.10 de l'IEC 61439-1:2020.

La température et l'échauffement des interconnexions basse tension et de leurs bornes doivent être mesurés.

La température de l'air à l'emplacement auquel des matériels électroniques peuvent être installés doit être mesurée. Voir le paragraphe 7.5.104.5.

7.5.104.4 Appareillage à haute tension et interconnexion haute tension

La température et l'échauffement des parties accessibles de l'appareillage à haute tension prévues pour être touchées en exploitation normale doivent être mesurés comme cela est indiqué au paragraphe 7.5.6 de l'IEC 62271-1:2017.

La température et l'échauffement des interconnexions haute tension et de leurs bornes doivent être mesurés selon le paragraphe 7.5.6 de l'IEC 62271-1:2017.

La température de l'air à l'emplacement auquel des dispositifs électroniques peuvent être installés doit être mesurée. Voir le paragraphe 7.5.104.5.

7.5.104.5 Température de l'air à l'intérieur du poste préfabriqué

La ou les températures de l'air à l'intérieur du poste préfabriqué doivent être mesurées.

Les mesurages doivent être réalisés à l'avant de l'appareillage à haute tension et de l'appareillage à basse tension, au niveau du plan moyen vertical à une distance de 100 mm (ou moins lorsque cela n'est pas possible) à trois hauteurs différentes réparties de manière égale entre la partie inférieure du composant jusqu'à une distance de 2 m ou jusqu'à la toiture, lorsqu'elle se situe à moins de 2 m. Voir un exemple à la Figure 6.

Les mesurages doivent également être réalisés au-dessus du transformateur de puissance, au niveau de l'axe milieu vertical à une distance de 100 mm du haut du transformateur de puissance et à une distance de 100 mm sous le plafond. Voir un exemple à la Figure 6.

Par ailleurs, pour les compartiments basse tension, par exemple, boîtier de communications du poste préfabriqué, la température de l'air doit être mesurée au niveau de l'axe milieu à trois hauteurs différentes réparties de manière égale à l'intérieur de ce compartiment.

La température moyenne de l'air doit être mesurée pendant le dernier quart de la période d'essai, à chaque point de mesure au moyen de thermomètres, thermocouples ou autres dispositifs de mesure de la température.

NOTE Voir l'Annex H pour des recommandations supplémentaires concernant le mode d'application possible de ces mesurages.

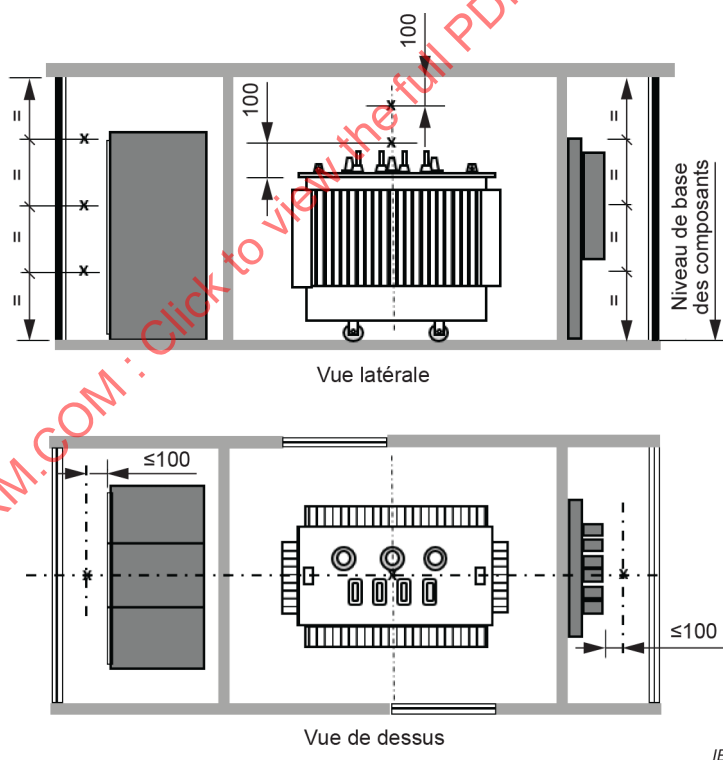


Figure 6 – Exemple d'emplacements de mesure de la température de l'air à l'intérieur d'un poste préfabriqué sans aire de manœuvre

7.5.105 Critères d'acceptation

Le poste préfabriqué doit être considéré comme ayant satisfait à l'essai au courant permanent lorsque:

- a) les échauffements du transformateur de puissance ne dépassent pas les échauffements correspondants mesurés sur le même transformateur de puissance sans enveloppe d'une valeur supérieure à la classe de température du poste préfabriqué (voir la Figure 1 et la Figure 2);

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 1 L'essai au courant permanent peut être utilisé pour déterminer la classe de l'enveloppe tant que les critères b), c), d) et e) sont satisfaits.

- b) les échauffements et les températures des bornes des interconnexions haute tension ne dépassent pas les exigences du paragraphe 7.5.6 de l'IEC 62271-1:2017;
- c) les échauffements et les températures des interconnexions basse tension et de l'appareillage à basse tension ne dépassent pas les exigences du paragraphe 9.2 de l'IEC 61439-1:2020;
- d) les échauffements et les températures de l'enveloppe du poste préfabriqué et des parties accessibles de l'appareillage à haute tension ne dépassent pas les exigences de l'IEC 62271-1:2017 pour les parties accessibles prévues pour être touchées en exploitation normale (voir le Tableau 14 de l'IEC 62271-1:2017);
- e) l'échauffement et la température de toute partie accessible extérieure de l'enveloppe du poste préfabriqué ne doivent pas dépasser 30 K et 70 °C respectivement, à l'exclusion des effets du rayonnement solaire.

Les composants d'un poste préfabriqué qui font l'objet de spécifications séparées non couvertes par le domaine d'application de l'IEC 62271-1:2017, l'IEC 61439-1:2020, l'IEC 60076-2:2011 et l'IEC 60076-11:2018, ne doivent pas dépasser les limites maximales admissibles de température et d'échauffement spécifiées dans la norme applicable à chacun de ces composants.

NOTE 2 Dans le cas du transformateur de puissance, le facteur de charge est pris en compte dans des conditions réelles afin de satisfaire aux limites de température du transformateur de puissance. Se reporter à l'Annex D, ainsi qu'à l'IEC 60076-7 et à l'IEC 60076-12:2008.

Les mesurages de la température de l'air à l'intérieur du poste préfabriqué exigés au paragraphe 7.5.104.5 doivent être indiqués dans le rapport d'essai à des fins d'information et de référence. Voir également l'Annex H.

7.5.106 Essai au courant permanent sous rayonnement solaire

Lorsque l'effet du rayonnement solaire peut affecter les performances du poste de transformation préfabriqué haute tension/basse tension, ce dernier peut être soumis à un essai de type au courant permanent avec rayonnement solaire simulé conformément à l'Annex G. L'essai a pour objet de déterminer, dans les conditions d'un courant permanent et de rayonnement solaire, l'échauffement supplémentaire du transformateur de puissance, les composants internes, la température de l'air à l'intérieur du poste préfabriqué et les parties accessibles prévues pour être touchées en exploitation normale. Lorsque cela est nécessaire, le déclassement exigé du poste préfabriqué peut ensuite être déterminé. En variante, des mesures qui permettent de réduire l'exposition au rayonnement solaire et/ou l'effet dudit rayonnement peuvent être mises en œuvre.

Il convient d'inclure dans le rapport d'essai le ou les coloris d'enveloppe utilisés pour l'essai – avec référence à la norme de couleur applicable utilisée.

NOTE Les résultats d'essai peuvent être transférés aux postes préfabriqués dont les coloris d'enveloppe sont plus clairs.

7.6 Essais au courant de courte durée admissible et à la valeur de crête du courant admissible

Le paragraphe 7.6 de l'IEC 62271-1:2017 est remplacé par le texte suivant.

Étant donné que l'appareillage à haute tension, le ou les transformateurs de puissance et l'appareillage à basse tension d'un poste préfabriqué ont été soumis à des essais de type selon les normes applicables, le présent paragraphe 7.6 s'applique uniquement aux interconnexions basse tension et haute tension.

Il n'est pas nécessaire de soumettre à un nouvel essai les interconnexions haute tension et basse tension d'un ECEPD soumis à des essais de type après leur installation à l'intérieur de l'enveloppe d'un poste préfabriqué.

Les interconnexions haute tension qui n'ont pas fait l'objet d'un essai de type doivent être soumises à l'essai suivant la procédure décrite au paragraphe 7.6 de l'IEC 62271-1:2017, avec les alinéas complémentaires suivants.

Les courants d'essai sont appliqués de manière à soumettre à l'essai l'ensemble de la connexion haute tension au transformateur de puissance. Toutes les parties qui prennent en charge l'interconnexion doivent être maintenues en place, comme en condition de service, pendant l'essai. L'essai peut être réalisé par alimentation de l'interconnexion par l'intermédiaire de l'appareillage à haute tension.

En particulier, lorsque l'interconnexion haute tension est protégée par des dispositifs limiteurs de courant placés dans l'appareillage à haute tension, les dispositions du paragraphe 7.6.1 a) de l'IEC 62271-200:2021 sont applicables.

Les interconnexions basse tension qui n'ont pas fait l'objet d'un essai de type doivent être soumises à l'essai suivant la procédure décrite dans l'IEC 61439-1:2020 pour l'appareillage à basse tension. Les courants d'essai sont appliqués de manière à soumettre à l'essai l'ensemble de la connexion au transformateur de puissance. Toutes les parties qui prennent en charge l'interconnexion doivent être maintenues en place, comme en condition de service, pendant l'essai.

Les circuits de mise à la terre de l'appareillage à haute tension et la mise à la terre du neutre (le cas échéant) du poste préfabriqué doivent être soumis à l'essai. Un essai selon le paragraphe 7.6 de l'IEC 62271-1:2017 doit être réalisé entre le point de connexion à la terre de l'appareillage à haute tension et le point de connexion à la terre externe du poste préfabriqué. Le cas échéant, un essai complémentaire selon le paragraphe 10.11.5.6 de l'IEC 61439-1:2020 doit être réalisé entre le point de connexion à la terre du neutre, c'est-à-dire le conducteur de protection, et le point de connexion à la terre externe du poste préfabriqué.

Il n'est pas exigé de répéter les essais de type sur les circuits de mise à la terre des composants soumis à un essai de type individuel.

Après l'essai, une certaine déformation du conducteur principal de terre et des connexions aux composants est admissible, mais la continuité du circuit doit être maintenue. Le contrôle de continuité électrique décrit au paragraphe 7.4.3 permet de vérifier ce phénomène.

7.7 Vérification de la protection

Le paragraphe 7.7 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable.

7.8 Essais d'étanchéité

Le paragraphe 7.8 de l'IEC 62271-1:2017 ne s'applique pas à l'ensemble de poste préfabriqué.

7.9 Essais de compatibilité électromagnétique (CEM)

Pour l'appareillage à haute tension, le paragraphe 7.9 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable, à l'exception de l'essai de tension de perturbation radioélectrique.

Pour l'appareillage à basse tension, le paragraphe 10.12 de l'IEC 61439-1:2020 est applicable.

Un essai réalisé sur un poste préfabriqué complet n'est pas nécessaire sous réserve que l'appareillage à haute tension et l'appareillage à basse tension aient été soumis à l'essai selon les normes applicables. Toutefois, pour les circuits auxiliaires et de commande du poste préfabriqué qui ne relèvent ni de l'appareillage à haute tension ni de l'appareillage à basse tension, le paragraphe 7.9.1.2 de l'IEC 62271-1:2017 s'applique.

7.10 Essais complémentaires sur les circuits auxiliaires et de commande

7.10.1 Généralités

Le paragraphe 7.10.1 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable.

7.10.2 Essais fonctionnels

Le paragraphe 7.10.2 de l'IEC 62271-1:2017 ne s'applique pas et est remplacé par le suivant:

Un essai fonctionnel de tous les circuits basse tension, y compris les verrouillages électriques, doit être réalisé pour vérifier le bon fonctionnement des circuits auxiliaires et de commande en liaison avec les autres parties du poste préfabriqué.

Les essais doivent être réalisés avec les valeurs limites supérieures et inférieures de la tension d'alimentation, définies au paragraphe 5.9.

Pour les circuits, sous-ensembles et composants basse tension, les essais fonctionnels peuvent être omis lorsqu'ils ont été entièrement réalisés lors d'un essai appliqué à un poste préfabriqué analogue.

Le fonctionnement mécanique, y compris les verrouillages mécaniques, doit être vérifié par essai par rapport aux aspects de sécurité intrinsèque.

7.10.3 Vérification des caractéristiques de fonctionnement des contacts auxiliaires

Le paragraphe 7.10.3 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable.

7.10.4 Essais d'environnement

Le paragraphe 7.10.4 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable, avec les limitations suivantes:

- les essais ne s'appliquent pas à l'appareillage pour l'intérieur qui fonctionne dans les conditions normales de service, telles que définies à l'Article 4 de l'IEC 62271-1:2017;
- lorsque les essais spécifiés au paragraphe 7.10.4 de l'IEC 62271-1:2017 ont été réalisés sur les composants 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 paragraphe 7.10.4 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable sur une disposition type des circuits auxiliaires et de commande.

7.10.5 Essais diélectriques

Le paragraphe 7.10.5 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable.

7.11 Essai des rayonnements X pour les ampoules à vide

Le paragraphe 7.11 de l'IEC 62271-1:2017 ne s'applique pas au poste préfabriqué.

7.101 Calculs et essais mécaniques

7.101.1 Pression du vent

Les effets mécaniques de la pression du vent sur le poste préfabriqué doivent être vérifiés par calcul. Se reporter au paragraphe 6.101.

7.101.2 Charges sur la toiture

Les effets mécaniques de charges sur la toiture du poste préfabriqué doivent être vérifiés par calcul. Se reporter au paragraphe 6.101.

7.101.3 Impacts mécaniques

Des essais d'impacts mécaniques doivent être réalisés sur les surfaces externes de l'enveloppe susceptibles d'être faibles, par exemple, les portes, les capots et les ouvertures de ventilation. Se reporter à l'Annex C en ce qui concerne la procédure d'essai. Se reporter au paragraphe 6.101.

7.101.4 Manutention

La démonstration d'une résistance mécanique suffisante pendant les phases de vie de manutention, telles que le levage, le transport et le déchargement, doit être effectuée pour chaque partie du poste préfabriqué soumise à des contraintes pendant ces phases de vie. Cette démonstration est réalisée par calcul.

À cet effet, les parties structurelles du poste préfabriqué peuvent être vérifiées par un calcul structurel approprié conformément aux réglementations régionales ou locales. En l'absence de ce type de réglementation, un accord entre le constructeur et l'utilisateur est nécessaire pour définir les codes de construction applicables, en prenant en considération le site de construction, puis le site d'installation du poste préfabriqué. Se reporter aux paragraphes 6.101 et 11.3.2.

7.102 Essai d'arc interne

7.102.1 Généralités

Ces essais sont applicables aux postes préfabriqués destinés à être qualifiés en classe IAC-A ou IAC-B ou IAC-AB pour la protection des personnes dans le cas d'un arc interne côté haute tension.

Ces essais couvrent les cas de défauts qui génèrent un arc se produisant à l'intérieur du poste préfabriqué, dans l'appareillage à haute tension et les interconnexions haute tension (voir le paragraphe 3.3.104) quand toutes les portes sont fermées (IAC-B) ou quand la ou les portes d'accès à la zone à haute tension sont ouvertes (IAC-A) (Voir le paragraphe 5.102).

Cette classification a pour objet d'offrir, en cas d'arcs internes, un niveau de protection vérifié par essai pour le personnel qui exploite le poste préfabriqué dans des conditions normales d'exploitation, avec l'appareillage à haute tension dans une position normale d'exploitation telle que définie dans la norme correspondante (Classe IAC-A) et pour les personnes qui se trouvent au voisinage du poste avec ses portes fermées (Classe IAC-B).

L'essai n'évalue pas le comportement du poste préfabriqué dans des conditions de maintenance ou de travaux, lorsque les parties de l'enveloppe de l'appareillage à haute tension, y compris son compartiment à basse tension, sont ouvertes ou déposées.

Pour obtenir la classification IAC-A, le constructeur du poste préfabriqué doit déclarer les côtés de l'appareillage à haute tension qui sont accessibles à l'exploitant.

NOTE Le présent document concerne seulement les arcs internes qui se produisent côté haute tension du poste préfabriqué, y compris les interconnexions haute tension (par exemple, entre l'appareillage à haute tension et les transformateurs de puissance). Les arcs internes qui se produisent dans les transformateurs de puissance ou l'appareillage à basse tension ne sont pas pris en compte (voir le paragraphe 6.103 pour connaître les raisons de cette exclusion).

Les arcs internes qui se produisent à l'intérieur du poste préfabriqué peuvent se produire en différents emplacements et peuvent provoquer différents phénomènes physiques. Par exemple, l'énergie qui résulte d'un arc développé à l'air libre à l'intérieur du poste préfabriqué ou dans un fluide isolant quelconque à l'intérieur de l'enveloppe de l'appareillage à haute tension provoque une surpression interne et des échauffements locaux qui représentent des contraintes mécaniques et thermiques pour l'enveloppe du poste préfabriqué. En outre, les matériaux impliqués peuvent engendrer des produits de décomposition à température élevée sous forme de gaz ou de vapeur qui peuvent se dégager dans le poste préfabriqué et par la suite à l'extérieur de celui-ci.

La classe de tenue à l'arc interne IAC tient compte de la surpression interne qui agit sur les capots, la ou les portes, le ou les planchers, etc. Elle prend aussi en considération les effets thermiques 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 les dommages engendrés 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'un arc interne. Ils ne couvrent pas tous les effets qui peuvent constituer un danger, par exemple la présence, après l'anomalie, de gaz avec caractéristiques toxiques potentielles.

Le danger de propagation d'incendie, après un arc interne, à des matériaux ou équipements combustibles placés au voisinage du poste préfabriqué n'est pas couvert par cet essai.

7.102.2 Conditions d'essai

Pour être qualifié en classe IAC-A ou IAC-B, un poste préfabriqué doit être soumis à une série d'essais sur l'appareillage à haute tension et, le cas échéant, sur l'interconnexion haute tension. Pour être qualifié en classe IAC-AB, le poste préfabriqué doit être soumis aux séries d'essais pour les classes IAC-A et IAC-B.

Pour les essais exigés, voir la Figure A.4, la Figure A.5, la Figure A.6 et la Figure A.7 qui présentent 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 présumée de l'essai doivent être mis hors service pendant l'essai. Lorsque ces dispositifs font partie intégrante du poste préfabriqué qui empêche de les mettre hors service sans modification de la construction, le poste peut être soumis à l'essai avec le dispositif en service. Le poste doit cependant 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 postes préfabriqués sans appareillage à haute tension et dont les câbles d'alimentation haute tension sont connectés directement aux traversées du transformateur de puissance, les essais doivent être effectués comme suit:

- un essai triphasé dans le cas de connexions non isolées ou équipées d'une isolation solide créée sur site; Voir l'Article A.6;
- un essai monophasé ou biphasé dans le cas de connexions à prises embrochables. Voir l'Article A.6.

Lorsque le circuit principal du compartiment haute tension en essai inclut des dispositifs limiteurs de courant (par exemple, fusibles), le point d'amorçage de l'arc doit se situer en amont du dispositif limiteur de courant.

7.102.3 Disposition de l'appareil

Les points suivants doivent être respectés:

- les essais doivent être effectués sur un poste préfabriqué non soumis précédemment à un arc, ou, lorsqu'il est soumis à cet arc, le poste doit être dans un état qui n'affecte pas le résultat de l'essai. Toutefois, dans certains cas, les essais peuvent être réalisés dans un local qui simule le poste préfabriqué (voir l'Article A.2);
- le poste préfabriqué doit être complètement équipé. Il est permis d'utiliser des éléments de substitution de composants internes à condition que leur volume et la matière de leur partie externe soient identiques à ceux des éléments d'origine;
- le poste préfabriqué doit être relié à la terre au point de connexion prévu.

7.102.4 Procédure d'essai

La méthode de vérification de la classe de tenue à l'arc interne est définie en l'Article A.6.

7.102.5 Conditions de réussite des essais

7.102.5.1 Poste préfabriqué de classe IAC-A

Un poste préfabriqué est qualifié en classe IAC-A sous réserve que:

- les cinq critères définis au paragraphe 7.105.5 de l'IEC 62271-200:2021 sont satisfaits après chaque essai d'arc interne sur l'appareillage à haute tension (voir la Figure A.4) avec le complément suivant:

Les critères 2 et 3 s'appliquent uniquement au(x) côté(s) accessible(s) de l'appareillage à haute tension déclaré(s) par le constructeur du poste préfabriqué;

NOTE 1 Lorsque la conception du poste préfabriqué comprend sous le plancher un espace de réception des gaz d'échappement, le comportement du plancher est vérifié du point de vue de la sécurité de l'exploitant qui s'y trouve.

- le cas échéant (voir la Figure A.6), les critères suivants sont satisfaits après l'essai d'arc sur les interconnexions haute tension.

- | | |
|-----------|--|
| Critère 1 | Les barrières, obstacles ou enveloppes de l'interconnexion haute tension, le cas échéant, ne sont pas déplacés ou déformés au-delà de la position des indicateurs. |
| Critère 2 | <p>Pas de projection de fragments ou autres parties du poste préfabriqué d'une masse de 60 g ou plus chacun(e).</p> <p>Les objets, d'une masse de 60 g ou plus chacun(e), qui chutent sur le plancher au voisinage immédiat de l'interconnexion haute tension sont acceptés (dans le cas des côtés accessibles, cela signifie entre l'interconnexion haute tension et le support des indicateurs).</p> |
| Critère 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 4** Les indicateurs ne s'enflamment pas sous l'effet de flammes ou de gaz chauds.
- Lorsque les indicateurs se sont enflammés pendant l'essai, le critère d'évaluation peut être considéré comme satisfait lorsque la preuve est établie que l'inflammation a été engendrée par des particules incandescentes plutôt que par des gaz chauds. Des images prises par des caméras ultrarapides, vidéo ou autre moyen adapté peuvent être utilisées par le laboratoire d'essai pour établir cette preuve.
- L'inflammation des indicateurs par la brûlure des étiquettes ou de la peinture est également exclue.
- Critère 5** Lorsque 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. Une inspection visuelle est généralement suffisante pour vérifier la conformité. En cas de doute, la continuité de la connexion de mise à la terre doit être vérifiée selon le paragraphe 7.4.3.

7.102.5.2 Poste préfabriqué de classe IAC-B

Un poste préfabriqué est qualifié en classe IAC-B à condition que les critères suivants soient satisfaits après les essais énumérés à la Figure A.5 pour l'appareillage à haute tension et à la Figure A.7, le cas échéant, pour les interconnexions haute tension.

- Critère 1** Les portes et capots, correctement verrouillés du poste préfabriqué ne s'ouvrent pas. Les déformations sont acceptables à condition qu'aucune partie ne se situe aussi loin que la position des indicateurs sur toutes les faces. Il n'est pas nécessaire que le poste préfabriqué satisfasse à son degré de protection IP après l'essai.
- Critère 2** Aucune fragmentation de l'enveloppe ne se produit.
- Pas de projection de fragments ou autres parties du poste préfabriqué d'une masse de 60 g ou plus chacun(e).
- Les objets, d'une masse de 60 g ou plus chacun(e), qui chutent sur le plancher au voisinage immédiat du poste préfabriqué sont acceptés (dans le cas des côtés accessibles, cela signifie entre le poste préfabriqué et le support des indicateurs).
- Critère 3** L'arc ne crée pas d'ouverture dans les surfaces accessibles de l'enveloppe à l'emplacement des indicateurs selon le paragraphe A.3.2 b).
- Critère 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 être considéré comme satisfait lorsque la preuve est établie que l'inflammation a été engendrée par des particules incandescentes plutôt que par des gaz chauds. Des images prises par des caméras ultrarapides, vidéo ou autre moyen adapté peuvent être utilisées par le laboratoire d'essai pour établir cette preuve.
- L'inflammation des indicateurs par la brûlure des étiquettes ou de la peinture est également exclue.
- Critère 5** L'enveloppe reste connectée à son point de mise à la terre. Une inspection visuelle est généralement suffisante pour établir la conformité. En cas de doute, la continuité de la connexion de mise à la terre doit être vérifiée selon le paragraphe 7.4.3.

7.102.5.3 Poste préfabriqué de classe IAC-AB

Les postes préfabriqués qui satisfont aux exigences des paragraphes 7.102.5.1 et 7.102.5.2 sont qualifiés en classe IAC-AB.

7.102.6 Rapport d'essai

Les informations suivantes doivent être indiquées dans le rapport d'essai:

- identification de l'objet d'essai: liste exhaustive des plans et documents d'identification des aspects critiques de la conception par rapport à la ventilation, au refroidissement des gaz et à la trajectoire d'échappement;
- caractéristiques assignées et description du poste préfabriqué, accompagnées d'un plan qui indique les principales dimensions, les informations détaillées relatives à la résistance mécanique, l'installation des dispositifs de décharge de pression et la méthode de fixation de l'appareillage à haute tension au plancher et/ou aux murs;
- type, caractéristiques assignées et ensemble de l'appareillage à haute tension, ainsi qu'une mention spécifique de la classe d'arc interne de l'appareillage à haute tension, le cas échéant;
- type d'interconnexions haute tension;
- distances entre l'appareillage à haute tension et interconnexions haute tension et les portes, capots et ouvertures de ventilation;
- disposition des raccordements d'essai;
- disposition dimensionnelle dans l'espace des composants principaux;
- point et méthode d'amorçage de l'arc interne;
- plans ou photographies du montage d'essai (spécimen d'essai et cadre de montage des indicateurs);
- tension et fréquence appliquées;
- informations relatives au courant présumé ou au courant d'essai:
 - a) valeur efficace de la composante alternative pendant les trois premiers demi-cycles;
 - b) valeur de crête la plus grande;
 - c) valeur efficace moyenne de la composante alternative pendant la durée réelle de l'essai;
 - d) durée d'essai;
- durée de l'arc;
- enregistrement(s) oscillographique(s) qui représente(nt) les courants et les tensions;
- interprétation des résultats d'essai, qui comprend un enregistrement des observations selon le paragraphe 7.102.4;
- photographies 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 lorsqu'utilisé pour les gaz d'échappement.

7.102.7 Extension des résultats d'essai

La validité des résultats d'un essai effectué sur un modèle particulier de conception de poste préfabriqué ou sur une partie représentative de celui-ci peut être étendue à un autre (se reporter au paragraphe 7.1) sous réserve que l'essai d'origine soit équivalent ou plus contraignant et que le modèle de conception étudié puisse être considéré comme similaire à celui soumis à l'essai pour toutes les caractéristiques suivantes:

- courant et durée d'arc;
- directions des flux de gaz qui proviennent de l'arc interne;
- dimensions et implantation du poste préfabriqué;
- structure et résistance de l'enveloppe, du plancher et des cloisons, le cas échéant;
- ouvertures de ventilation;
- performances du dispositif de décharge de pression, le cas échéant.

Le lecteur peut se reporter à l'IEC TR 62271-312 [17] pour des recommandations concernant l'extension des essais de type.

7.103 Mesurage ou calcul des champs électromagnétiques

Des recommandations générales concernant le mesurage ou le calcul des champs électromagnétiques dans les postes préfabriqués haute tension/basse tension sont fournies dans l'IEC TR 62271-208:2009 [16].

8 Essais individuels de série

L'Article 8 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable, avec les compléments et les exceptions suivants.

8.1 Généralités

Le paragraphe 8.1 de l'IEC 62271-1:2017 s'applique, avec le complément suivant.

Les essais individuels de série doivent être réalisés sur chaque poste préfabriqué complet ou sur chaque unité de transport et dans toute la mesure du possible, dans les locaux du constructeur, afin de vérifier que le produit est conforme à l'équipement sur lequel l'essai de type a été effectué.

Chaque composant doit au préalable être soumis à des essais individuels de série conformément à leur norme IEC de composants correspondante, et les essais et vérifications individuels de série suivants s'appliquent pour l'assemblage:

- un essai diélectrique sur l'interconnexion haute tension selon le paragraphe 8.2;
- un essai sur les circuits auxiliaires et de commande selon le paragraphe 8.3;
- le mesurage de la résistance du circuit principal selon le paragraphe 8.4;
- des contrôles visuels et de conception selon le paragraphe 8.6;
- des essais fonctionnels selon le paragraphe 8.101;
- un essai après assemblage sur site selon le paragraphe 8.102.

8.2 Essai diélectrique sur le circuit principal

Un essai de tension à la fréquence industrielle doit être réalisé selon le paragraphe 8.2 de l'IEC 62271-1:2017 sur l'interconnexion haute tension entre l'appareillage à haute tension et le transformateur de puissance.

Lorsque les interconnexions haute tension préfabriquées sont soumises à des essais individuels de série séparément comme un sous-ensemble du poste préfabriqué, un essai à fréquence industrielle n'est pas nécessaire.

8.3 Essais des circuits auxiliaires et de commande

8.3.1 Inspection des circuits auxiliaires et de commande, et vérification de la conformité aux schémas de circuits et schémas de câblage

Le paragraphe 8.3.1 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable.

8.3.2 Essais fonctionnels

Le paragraphe 8.3.2 de l'IEC 62271-1:2017 est remplacé par le texte suivant.

Un essai fonctionnel doit être réalisé afin de démontrer le fonctionnement des circuits auxiliaires et de commande (y compris les verrouillages électriques selon le paragraphe 6.12) avec les autres parties de l'ensemble de poste préfabriqué.

Les essais doivent être réalisés avec les valeurs limites supérieures et inférieures de la tension d'alimentation, définies au paragraphe 6.9 de l'IEC 62271-1:2017.

8.3.3 Vérification de la protection contre les chocs électriques

Le paragraphe 8.3.3 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable.

8.3.4 Essais diélectriques

Le paragraphe 8.3.4 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable.

8.4 Mesurage de la résistance du circuit principal

Le paragraphe 8.4 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable, avec le complément suivant.

En l'absence d'essai au courant permanent pour la configuration soumise à l'essai, les conditions de l'essai et les limites des valeurs de résistance doivent être indiquées par le constructeur du poste préfabriqué.

8.5 Essai d'étanchéité

Le paragraphe 8.5 de l'IEC 62271-1:2017 ne s'applique pas à l'ensemble de poste préfabriqué.

8.6 Contrôles visuels et de conception

Le paragraphe 8.6 de l'IEC 62271-1:2017 est remplacé par le texte suivant.

L'ensemble de poste préfabriqué doit être contrôlé afin de vérifier sa conformité à la spécification d'achat, le cas échéant.

8.101 Autres essais fonctionnels

Par suite du chargement, du transport, du stockage et du déchargement sur site du poste préfabriqué, des essais fonctionnels des produits et des ensembles doivent être effectués afin d'assurer un fonctionnement correct conformément à une liste définie dans les instructions d'utilisation du constructeur telles que spécifiées au paragraphe 11.3.7.

Les dispositifs de verrouillage conformes au paragraphe 6.12, qui sont verrouillés afin d'assurer la séquence correcte de l'exploitation des équipements, doivent être soumis à un essai de démonstration de fonctionnement.

La continuité électrique des circuits de mise à la terre de l'ensemble de poste préfabriqué doit être vérifiée par inspection visuelle ou lorsque la pratique ne permet pas ce type d'inspection, par le contrôle de continuité électrique décrit au paragraphe 7.4.3.

8.102 Essais après assemblage sur site

Les postes préfabriqués déjà soumis à un essai individuel de série, et qui sont démontés partiellement pour le transport puis assemblés sur site, doivent être soumis à un nouvel essai effectué sur les parties et les connexions assemblées sur site afin d'assurer un fonctionnement correct selon les paragraphes 8.2, 8.3.2, 8.3.3, 8.3.4, 8.4 et 8.101.

De plus, tous les essais individuels de série de l'Article 8, qui n'ont pas été réalisés dans les locaux du constructeur, doivent être réalisés sur site.

9 Guide pour le choix de l'appareillage (informatif)

L'Article 9 de l'IEC 62271-1:2017 est remplacé par les paragraphes suivants:

9.101 Généralités

Les postes préfabriqués peuvent être construits sous différentes formes qui ont évolué en fonction des modifications technologiques et des exigences fonctionnelles. Le choix des postes préfabriqués implique essentiellement l'identification des exigences fonctionnelles pour l'installation de service qui satisfait au mieux à ces exigences.

Il convient que ce type d'exigence tienne compte de la législation applicable et des règlements de sécurité des utilisateurs.

Le Tableau 5 résume les éléments à prendre en considération pour spécifier les postes préfabriqués.

Des variations soudaines de l'humidité et/ou la température de l'air peuvent entraîner une condensation d'eau. En cas de persistance de la condensation à l'intérieur du poste préfabriqué malgré les précautions prises, par exemple, celles mentionnées à l'Annexe C informative de l'IEC TS 62271-304:2019 [3], l'installation d'un appareillage sous enveloppe de classe 1: $C_L P_0$ ou de classe 2: $C_H P_0$ conformément à l'IEC TS 62271-304:2019 [3], spécifiée respectivement pour des conditions de service d'intérieur avec une "condensation non fréquente", c'est-à-dire pas plus de deux fois par mois, ou avec une "condensation fréquente", c'est-à-dire plus de deux fois par mois, peut être une solution qui permet de réduire le vieillissement de l'isolation et des mécanismes de l'appareillage du fait d'une condensation interne.

Pour l'installation du poste préfabriqué dans un air ambiant pollué, il convient de spécifier la catégorie de corrosivité de l'atmosphère conformément à l'ISO 9223 [19] pour la vitesse de corrosion observée par le passé ou estimée au cours de la première année, et conformément à l'ISO 9224 [20] pour les vitesses moyennes de corrosion tout au long de la durée de vie prévue dans de telles conditions de service. De plus, il convient d'indiquer le ou les principaux polluants, la concentration et/ou le dépôt, ainsi que la durée de persistance de l'humidité (heures/an). Il convient d'évaluer ces paramètres et la catégorie de corrosivité pour les conditions de service internes au poste préfabriqué.

9.102 Choix des valeurs assignées

Pour une exigence de service donnée, le poste préfabriqué est choisi en prenant en considération les valeurs assignées spécifiques de ses composants, exigées par les conditions en charge normale et dans le cas de conditions de défaut.

Il est souhaitable de choisir les valeurs assignées selon le présent document compte tenu des caractéristiques du réseau et de ses extensions présumées. La liste complète des caractéristiques assignées est indiquée à l'Article 5. Les autres paramètres tels que les conditions atmosphériques et climatiques locales et l'utilisation à des altitudes de plus de 1 000 m doivent aussi être pris en considération.

9.103 Choix de la classe d'enveloppe

La classe d'enveloppe est choisie en fonction de la température (moyenne) de l'air ambiant sur le site, du facteur de charge et des limites d'échauffement du transformateur de puissance.

L'Annex D peut être utilisée pour déterminer la classe d'enveloppe ou le facteur de charge du transformateur de puissance. Elle donne des exemples qui permettent de démontrer les relations et les restrictions entre la classe d'enveloppe, le facteur de charge et la température de l'air ambiant pour les limites normales d'échauffement comme cela est défini dans l'IEC 60076-2:2011 et l'IEC 60076-11:2018. Pour des conditions de charges variables, un facteur de correction peut être appliqué conformément à l'IEC 60076-7:2018 ou à l'IEC 60076-12:2008.

Les informations fournies par le constructeur sur la classe d'enveloppe pour un poste préfabriqué spécifique sont fondées sur l'essai de type du poste avec ses grilles de ventilation bien déterminées et avec application de manière continue de sa puissance assignée et des pertes totales associées du transformateur de puissance qui ne dépassent pas ses limites d'échauffement (selon le paragraphe 7.5).

Cette condition de pleine charge en permanence peut être plus contraignante et diverger significativement du cycle de charge prévu en service. Dans ce cas, la ventilation peut être inutilement excessive en comparaison avec celle exigée pour éviter toute surchauffe du transformateur de puissance.

Pour réduire tout effet secondaire indésirable potentiel 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 avec une ventilation moindre pour les mêmes caractéristiques assignées et les mêmes pertes. L'utilisateur peut également spécifier une classe de température plus élevée lorsque la puissance exigée et les pertes totales associées du transformateur de puissance 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 fassent l'objet d'une discussion avec le constructeur du poste préfabriqué.

NOTE 1 La vitesse de vieillissement du transformateur de puissance augmente avec sa température conformément à l'Article 6 de l'IEC 60076-7:2018 et à l'Article 5 de l'IEC 60076-12:2008.

NOTE 2 L'échauffement à l'intérieur du poste préfabriqué peut affecter les performances des parties de l'appareillage à haute tension. Par exemple, le guide d'application des fusibles (IEC TR 62655 [21]) est utilisé.

NOTE 3 L'augmentation de la température de l'air à l'intérieur du poste préfabriqué peut affecter les équipements sensibles à la température (le matériel électronique, par exemple) installés dans ce poste. Dans ce cas, des mesures peuvent être prises selon les instructions d'utilisation du fournisseur des équipements sensibles à la température.

9.104 Défaut d'arc interne

9.104.1 Généralités

Lors du choix d'un poste préfabriqué, il convient de tenir dûment compte du risque associé aux défauts d'arc interne, dans le but d'assurer un niveau de protection acceptable pour les exploitants et pour le grand public.

Cette protection est réalisée par réduction du risque à un niveau tolérable. Conformément au Guide ISO/IEC 51:2014 [22], le risque est la combinaison de la probabilité d'occurrence d'un dommage et de sa sévérité (se reporter à l'Article 5 du Guide ISO/IEC 51:2014 [22] sur le concept de sécurité).

Par conséquent, il convient de choisir un poste préfabriqué approprié, par rapport à un défaut interne potentiel qui entraîne un arc, par application d'une procédure qui permet d'atteindre un niveau de risque tolérable. Une telle procédure est décrite à l'Article 6 du Guide ISO/IEC 51:2014 [22]. Cette procédure est fondée sur l'hypothèse selon laquelle l'utilisateur a un rôle à jouer dans la réduction du risque.

9.104.2 Causes et mesures préventives

L'expérience indique que la probabilité de défauts est plus grande en certains emplacements à l'intérieur d'une enveloppe que dans d'autres. À titre de recommandations, le Tableau 3 donne une liste d'emplacements pour lesquels l'expérience indique une plus grande probabilité d'occurrence des défauts. Il donne aussi les causes possibles des défaillances et les mesures possibles pour diminuer la probabilité d'arcs internes.

9.104.3 Mesures de protection supplémentaires

La première mesure de protection, lorsque le risque d'un défaut d'arc interne n'est pas négligeable, est de spécifier des postes préfabriqués de classe IAC.

D'autres mesures peuvent être prises pour assurer la protection des personnes dans le cas d'un arc interne. Ces mesures ont pour but de limiter les conséquences externes d'un tel événement.

Exemples de ces mesures:

- temps d'élimination rapide du défaut par l'utilisation de capteurs sensibles à la lumière, à la pression ou la chaleur ou par une protection différentielle par jeu de barres;
- manœuvre à distance;
- dispositifs de décharge de pression, enveloppe résistant à la pression (y compris les portes, les planchers, les grilles de ventilations, etc.),
- application d'une protection de transformateur de puissance avec un disjoncteur individuel ou des fusibles appropriés combinés aux 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 3 – Emplacements, causes et exemples de mesures de diminution de la probabilité d'arcs internes

Emplacements auxquels la probabilité d'occurrence de défauts d'arc interne est la plus grande (1)	Emplacements auxquels la probabilité d'occurrence de défauts d'arc interne est la plus grande (2)	Exemples de mesures préventives possibles (3)
Compartiments des connexions haute tension	Conception inadéquate	Choix des dimensions adéquates Utilisation des matériaux appropriés
	Installation défectueuse	Prévention de raccordements de câbles croisés Contrôle de la qualité d'exécution sur site Couple correct
	Défaut d'isolement solide ou liquide (défaillance ou absence)	Contrôle de la qualité d'exécution et/ou essai diélectrique sur site Vérification régulière du niveau des liquides, le cas échéant
Sectionneurs Interrupteurs Sectionneurs de terre	Fausse manœuvre	Verrouillages Réouverture retardée Manœuvre manuelle indépendante Pouvoir de fermeture sur court-circuit pour les interrupteurs et sectionneurs de terre Instructions au personnel
Connexions boulonnées et contacts	Corrosion	Utilisation de revêtements et/ou graisse anticorrosion. 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 correct Moyens de verrouillage appropriés
	Pendant l'embrochage ou le débrochage des parties débrochables, par exemple, du fait du changement d'état du diélectrique associé à un dommage ou une déformation des contacts et/ou volets embrochables	Contrôle de la qualité d'exécution sur site
Transformateurs de mesure	Ferrorésonance	Prévention de ces influences électriques par une conception adaptée du circuit
	Court-circuit côté basse tension des transformateurs de tension	Prévention des courts-circuits par des moyens appropriés par exemple, capots de protection, fusibles basse tension
Disjoncteurs	Maintenance insuffisante	Maintenance régulière programmée. 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 du rayonnement solaire
	Pollution, humidité, pénétration de poussière, parasites, etc.	Mesures assurant que les conditions de service spécifiées sont respectées (se reporter à l'Article 4) Utilisation de compartiments haute tension à remplissage de gaz
	Surtensions	Protection contre la foudre Coordination de l'isolement appropriée 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

9.104.4 Considérations relatives au choix et à l'installation

Lors du choix du poste préfabriqué, il convient que l'utilisateur prenne en considération les caractéristiques du réseau, les procédures d'exploitation, les conditions de service et la protection des personnes et du public (le cas échéant). Il convient également de prendre en considération le fait que les postes préfabriqués ne sont pas tous de classe IAC.

Pour choisir un poste préfabriqué approprié en fonction des arcs internes, les critères suivants peuvent être utilisés:

- lorsque le risque est considéré comme négligeable, un poste préfabriqué classé IAC n'est pas nécessaire;
- lorsque le risque est considéré comme significatif, il convient d'utiliser un poste préfabriqué classé IAC.

Dans le second cas, il convient que le choix tienne compte du niveau maximal de courant prévisible et de la durée du défaut, comparés aux valeurs assignées de l'équipement soumis à l'essai. De plus, il convient de suivre les instructions d'utilisation du constructeur (se reporter à l'Article 11). En particulier, la position du personnel pendant un phénomène d'arc interne est importante. Dans le cas des postes préfabriqués à aire de manœuvre, il convient que le constructeur indique quelles aires du poste préfabriqué sont classées comme accessibles pendant un phénomène d'arc interne, selon la classe de tenue à l'arc interne vérifiée par essai. Il convient par ailleurs que l'utilisateur suive scrupuleusement ces instructions, lorsqu'il s'agit de permettre au personnel de pénétrer dans une zone non déclarée comme accessible, ce qui peut entraîner des blessures occasionnées au personnel.

La protection des personnes en cas d'arc interne, dans les conditions normales d'exploitation définies au paragraphe 7.102.1, ne concerne pas seulement la conception et la classification IAC de l'appareillage, mais dépend également des conditions d'installation. L'énergie d'arc qui résulte d'un arc développé à l'intérieur de l'appareillage à haute tension ou dans l'interconnexion haute tension provoque une surpression interne et un échauffement local qui engendrent des contraintes mécaniques et thermiques pour l'enveloppe du poste préfabriqué. En outre, les matériaux impliqués génèrent des produits de décomposition à température élevée sous forme de gaz ou de vapeur, qui peuvent se dégager à l'intérieur ou à l'extérieur du poste préfabriqué. De ce point de vue, une évacuation immédiate et une ventilation ultérieure de l'enveloppe du poste préfabriqué avant de pénétrer de nouveau sur le site sont exigées, et il convient de prendre des mesures appropriées pour l'installation sur le site.

9.104.5 Classe de tenue à l'arc interne

La classe de tenue à l'arc interne (ou classification IAC) procure un niveau de protection des personnes vérifié par essai dans les conditions normales d'exploitation du poste préfabriqué. Cette classification ne couvre pas la protection des personnes dans des conditions de maintenance.

Dans le cas où la classification IAC est démontrée au moyen d'essais, selon le paragraphe 7.102, le poste préfabriqué est désigné de la façon suivante:

- Généralités: classification IAC;
- 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 affectées au poste préfabriqué, qui comporte un ou plusieurs compartiments haute tension, dont la construction empêche l'arc d'évoluer en polyphasé, comme le démontre 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 4. Il convient que les utilisateurs spécifient une caractéristique assignée de courant de défaut d'arc monophasé phase-terre lorsqu'ils exigent une valeur supérieure à 87 % de la caractéristique 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 classe de tenue à l'arc interne se rapportent à une configuration donnée du poste préfabriqué pour le type de connexion et la position du transformateur de puissance, ainsi que des appareillages à haute tension et à basse tension. Le résultat de l'essai dépend également du type d'appareillage, de ses caractéristiques assignées et de son implantation spécifique à l'intérieur du poste préfabriqué.

Le choix d'un type de conception à classe d'arc interne restreint le choix de l'appareillage utilisé dans le poste préfabriqué.

Lorsqu'un essai de type d'arc interne a été effectué sur un poste préfabriqué d'une certaine conception de référence, l'attribution de la même classe de tenue à l'arc interne à un poste préfabriqué donné de la même conception de référence, et fabriqué ultérieurement, exige qu'elle satisfasse à la disposition spatiale des composants principaux, des capots, des portes, des ouvertures de ventilation et de la division en compartiments de l'unité soumise à l'essai de type d'arc interne. Toutefois, les différences dues aux modifications d'ordre technologique ou aux exigences fonctionnelles peuvent être évaluées par référence à la transférabilité des résultats de l'essai de type (voir aussi 7.102.7).

Tableau 4 – 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 directement raccordé 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 est parfois non applicable, et l'utilisateur peut spécifier une caractéristique assignée réduite de courant de défaut d'arc monophasé phase-terre.	

9.105 Résumé des exigences techniques et des caractéristiques assignées

Le Tableau 5 fournit un résumé des exigences techniques, des propriétés et des caractéristiques assignées propres au poste préfabriqué.

Tableau 5 – Résumé des exigences techniques, des propriétés et des caractéristiques assignées propres aux postes préfabriqués

Information	Unité	Paragraphe ou article du présent document	Norme de référence	Échanges d'informations au cours d'appels d'offres (E), de commandes (O) et d'offres (T) ^b	
				Information	Phase de vie
Informations détaillées du réseau					
Réseau			Utilisateur IEC 61936-1		E-O
Tension nominale du réseau	kV				
Tension la plus élevée d'un réseau	kV				
Fréquence	Hz				
Mise à la terre du neutre du réseau					
Schéma des circuits					
Conditions de service					
Température de l'air ambiant:		Article 4	Haute tension: IEC 62271-1:2017		E-O-T
Moyenne	°C				
Minimale	°C				
Maximale	°C				
Altitude	m				
Pression de vapeur d'eau			IEC 60721-2-4:2018		E-O-T le cas échéant
Moyenne	kPa				
Moyenne	kPa				
Rayonnement solaire	W/m ²		IEC 60815-1:2008		
Pollution	Niveau		IEC TS 62271-304:2019		E-O-T si différent de C ₀ P ₀
Classification des appareillages à haute tension pour des conditions spéciales de service	classe		IEC 62271-1:2017		E-O-T le cas échéant
Couche de glace	mm		IEC 60721-3-4		
Poussière balayée par le vent	mg/m ³ m/s		IEC 60721-3-4		
Sable balayé par le vent	mg/m ³ m/s		IEC 60721-2-2:2012		E-O si > 34 m/s
Vent	m/s		IEC 62271-1:2017		
Charge de neige sur le toit	N/m ²		IEC 60721-2-2:2012		E-O si > 2 500 N/m ²
Risque de tremblements de terre	SL1/SL2		IEC 60721-2-6:1990 [23] IEC TS 62271-210:2013 [24]		E-O-T le cas échéant
Risque d'autres vibrations			IEC 60721-1:1990, IEC 60721-1:1990/AMD1:1992 et IEC 60721-1:1990/AMD2:1995		
Perturbations électromagnétiques induites dans les circuits auxiliaires et de commande	kV	Article 4	IEC 62271-1:2017		
Pollution		4.2.3 9.101	IEC 62271-202		

Information	Unité	Paragraphe ou article du présent document	Norme de référence	Échanges d'informations au cours d'appels d'offres (E), de commandes (O) et d'offres (T) ^b	
				Information	Phase de vie
Caractéristiques assignées et propriétés du poste préfabriqué					
Haute tension assignée	kV	5.2	IEC 62271-1-2017		E-O-T
Basse tension assignée	V		IEC 61439-1 et IEC 60947-1		
Tensions assignées pour les enroulements du transformateur de puissance (HT/BT, HT/HT)	kV/kV		IEC 60076-1:2011		
Nombre de phases		10.1	IEC 62271-202		
Type de mise à la terre du neutre du réseau haute tension			Utilisateur		
Courant de défaut de terre maximal présumé	kA		IEC 62271-202		
Type de mise à la terre du neutre du réseau basse tension			Utilisateur		
Courant de défaut de terre maximal présumé	kA		IEC 62271-202		
Puissance assignée du poste préfabriqué		5.101.1	IEC 62271-202		
Puissance assignée la plus élevée	kVA		IEC 62271-202		
Pertes assignées du transformateur de puissance	W		IEC 60076-1:2011 IEC 60076-11:2018 IEC 60076-2:2011		
Limites d'échauffement du transformateur de puissance	K				
Niveau de bruit	dB	Annex B	IEC 60076-10:2016		E-O-T le cas échéant
Classe d'enveloppe	classe	5.101.2	IEC 62271-202		E-O-T
Facteur de charge du transformateur de puissance	% I_r	3.7.103	IEC 60076-7:2018 IEC 60076-12:2008		
Classe de tenue à l'arc interne	IAC	6.103	IEC 62271-202		E-O-T le cas échéant
Classification	IAC-A IAC-B IAC-AB				
Courant de défaut d'arc	kA				
Durée de défaut d'arc	s				

Information	Unité	Paragraphe ou article du présent document	Norme de référence	Échanges d'informations au cours d'appels d'offres (E), de commandes (O) et d'offres (T) ^b	
				Information	Phase de vie
Niveaux d'isolement assignés (haute tension)		5.3	IEC 62271-1:2017		E-O-T
Tension de tenue de courte durée à fréquence industrielle assignée (U_d)	kV				
Valeur commune	kV				
Sur la distance de sectionnement	kV				
Tension de tenue aux chocs de foudre assignée (U_p)	kV				
Valeur commune	kV				
Sur la distance de sectionnement	kV				
Niveaux d'isolement assignés (basse tension)			IEC 61439-1 IEC 60947-1		E-O-T
Tension de tenue de courte durée à fréquence industrielle assignée (U_d)	kV				
Valeur commune	kV				
Sur la distance de sectionnement	kV				
Tension de tenue aux chocs de foudre assignée (U_p)	kV				
Valeur commune	kV				
Sur la distance de sectionnement	kV				
Fréquence assignée (f_r) Haute tension	Hz	5.4	IEC 62271-1:2017		
Fréquence assignée (f_r) Basse tension	Hz		IEC 61439-1 IEC 60947-1		

Information	Unité	Paragraphe ou article du présent document	Norme de référence	Échanges d'informations au cours d'appels d'offres (E), de commandes (O) et d'offres (T) ^b	
				Information	Phase de vie
Courant permanent assigné (I_r)		5.5	IEC 62271-1:2017		E-O-T
Appareillage à haute tension					
Arrivée	A				
Jeu de barres	A				
Départ	A				
Interconnexion entre haute tension et transformateur de puissance	A				
Appareillage à basse tension	A		IEC 61439-1		
Arrivée					
Jeu de barres	A				
Départs basse tension	A				
Circuits auxiliaires	A				
Courant de courte durée admissible assigné (I_k)		5.6			
Haute tension	kA		IEC 62271-1:2017		
Basse tension	kA		IEC 61439-1		
Circuit de terre	kA		IEC 62271-1:2017		
Valeur de crête du courant admissible assigné (I_p)		5.7			
Haute tension	kA		IEC 62271-1:2017		
Basse tension	kA		IEC 61439-1		
Circuit de terre	kA		IEC 62271-1:2017		
Durée de court-circuit assignée (t_k)		5.8			
Haute tension	s		IEC 62271-1:2017		
Basse tension	s		IEC 61439-1		
Transformateur de puissance	s		IEC 60076-5:2006 IEC 60076-11:2018		
Circuit de terre	s		IEC 62271-1:2017		
Tension assignée d'alimentation des dispositifs de fermeture et d'ouverture et des circuits auxiliaires et de commande (U_a) pour les dispositifs haute tension et basse tension		5.9	IEC 62271-1:2017 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		5.1			
Haute tension	Hz		IEC 62271-1:2017		
Basse tension	Hz		IEC 61439-1		

Information	Unité	Paragraphe ou article du présent document	Norme de référence	Échanges d'informations au cours d'appels d'offres (E), de commandes (O) et d'offres (T) ^b	
				Information	Phase de vie
Conception et construction du poste préfabriqué ^a					
Degrés de protection:		6.14	IEC 60529:1989, IEC 60529:1989/ AMD1:1999 et IEC 60529:1989/ AMD2:2013		E-O-T
Enveloppe avec portes fermées					
Compartiment de l'appareillage à basse tension (lorsque différent)					
Degré de protection du compartiment de l'appareillage à haute tension (lorsque différent)					
Degré de protection du compartiment du transformateur de puissance (lorsque différent)					
Type de composant:		Article 1	Utilisateur ☐ (par exemple, appareillage de type à isolation à l'air ou au gaz, transformateur de puissance immergé dans un liquide)		E-O-T
Appareillage à haute tension					
Appareillage à basse tension					
Transformateur de puissance					
ECEPD					
Type de poste préfabriqué:		A.3.2	Utilisateur		E-O-T le cas échéant
Manœuvré de l'intérieur					
Manœuvré de l'extérieur					
Au niveau du sol					
Partiellement sous le niveau du sol					
Sous le niveau du sol					
Valeurs assignées du ou des transformateurs de puissance		5.101	IEC 60076-1:2011 IEC 60076-11:2018		E-O-T le cas échéant
Puissance	kVA				
Pertes en charge P_{cu}	W				
Pertes à vide P_0	W				
Impédance de court-circuit	%				
Type immergé dans un liquide ou type sec					
Matériaux de l'enveloppe		6.104.2.2	IEC 62271-202 et informations relatives aux essais le cas échéant		E-O-T
Traitement de surface de l'enveloppe		10.1			
Énergie d'impact mécanique	J	7.101.3	Annex C		
Contraintes mécaniques par		6.101 10.1			
charge de neige sur le toit	N/m ²		IEC 62271-202		
charges sur le toit	N/m ²		IEC 62271-202		
pression du vent	N/m ²		IEC 62271-1:2017		

Information		Unité	Paragraphe ou article du présent document	Norme de référence	Échanges d'informations au cours d'appels d'offres (E), de commandes (O) et d'offres (T) ^b		
					Information	Phase de vie	
Masses			10.1	IEC 62271-202		T	
	Masse de chaque unité de transport	kg					
	Masse totale du poste préfabriqué	kg					
Plan général de l'enveloppe			10.1	IEC 62271-202		E-O en cas d'exigence maximale T	
	Disposition du matériel électrique						
	Longueur maximale	mm					
	Largeur maximale	mm					
	Hauteur totale	mm					
	Longueur au niveau du sol	mm		IEC 62271-202		E-O en cas d'exigence maximale T	
	Largeur au niveau du sol	mm					
	Hauteur au-dessus du niveau du sol	mm					
	Entrées des connexions externes	mm					
	Espace libre de chaque côté						E-O en cas d'exigence minimale T le cas échéant
	Volume du réservoir de rétention (le cas échéant)	m ³					
Dimension maximale admissible du transformateur de puissance				IEC 62271-202		T	
	Longueur maximale	mm					
	Largeur maximale	mm					
	Hauteur maximale	mm					
Instructions d'utilisation							
	Exploitation et maintenance						
	Exigences de transport et d'installation						
^a Certaines informations peuvent être couvertes par la réglementation locale telle que les codes de construction.							
^b Pour les appels d'offres (E - <i>enquiries</i>), les offres (T - <i>tenders</i>) et les commandes (O - <i>orders</i>), les champs vides de la colonne "Information" du Tableau 5 sont destinés à être remplis avec une valeur ou une classification, soit par l'utilisateur qui exprime une exigence, soit par le constructeur qui fournit des informations relatives à la capacité du poste ou de ses équipements.							

10 Informations à donner dans les appels d'offres, les offres et les commandes (informative)

10.1 Généralités

Le paragraphe 10.1 de l'IEC 62271-1:2017 ne s'applique pas et est remplacé par le suivant.