

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**High-voltage switchgear and controlgear –
Part 211: Direct connection between power transformers and gas-insulated
metal-enclosed switchgear for rated voltages above 52 kV**

**Appareillage à haute tension –
Partie 211: Raccordements directs entre transformateurs de puissance et
appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse de tensions
assignées supérieures à 52 kV**



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2014 IEC, Geneva, Switzerland

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

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

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

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

About the IEC

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

About IEC publications

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

IEC Catalogue - webstore.iec.ch/catalogue

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

IEC publications search - www.iec.ch/searchpub

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

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing more than 30 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in 14 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

More than 55 000 electrotechnical terminology entries in English and French extracted from the Terms and Definitions clause of IEC publications issued since 2002. Some entries have been collected from earlier publications of IEC TC 37, 77, 86 and CISPR.

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

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

A propos de l'IEC

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

A propos des publications IEC

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

Catalogue IEC - webstore.iec.ch/catalogue

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

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

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

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne de termes électroniques et électriques. Il contient plus de 30 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 14 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

Plus de 55 000 entrées terminologiques électrotechniques, en anglais et en français, extraites des articles Termes et Définitions des publications IEC parues depuis 2002. Plus certaines entrées antérieures extraites des publications des CE 37, 77, 86 et CISPR de l'IEC.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

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

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**High-voltage switchgear and controlgear –
Part 211: Direct connection between power transformers and gas-insulated
metal-enclosed switchgear for rated voltages above 52 kV**

**Appareillage à haute tension –
Partie 211: Raccordements directs entre transformateurs de puissance et
appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse de tensions
assignées supérieures à 52 kV**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 29.130.10

ISBN 978-2-8322-1534-0

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	4
1 General	6
1.1 Scope	6
1.2 Normative references	6
2 Normal and special service conditions	7
2.1 Normal service conditions	7
2.2 Special service conditions	7
3 Terms and definitions	7
4 Rating	8
4.1 Rated voltage (U_r)	8
4.2 Rated insulation level	8
4.3 Rated frequency (f_r)	9
4.4 Rated continuous current (I_r) and temperature rise	9
4.5 Rated short-time withstand current (I_k) and rated thermal short-time current (I_{th})	9
4.6 Rated peak withstand current (I_p) and rated dynamic current (I_d)	9
4.7 Rated duration of short-circuit (t_k) and rated duration (t_{th})	9
4.8 Rated filling pressure p_{re} of gas for insulation	9
5 Design and construction	10
5.1 Limits of supply	10
5.2 Pressure withstand requirements	11
5.3 Gas and vacuum tightness	11
5.4 Mechanical forces applied on the connection interface	12
5.5 Mechanical forces applied on the bushing flange	12
5.6 Horizontal and vertical displacement	13
5.7 Vibrations	13
6 Type tests	14
6.1 General	14
6.2 Dielectric tests	14
6.2.1 Dielectric tests of bushing	14
6.2.2 Dielectric tests of transformer connection in a single phase enclosure	14
6.2.3 Dielectric tests of transformer connection in a three phase enclosure	14
6.3 Cantilever load withstand tests	14
6.4 Gas tightness tests	15
7 Routine tests	15
7.1 General	15
7.2 External pressure test of the bushing	15
7.3 Tightness tests	15
8 Standard dimensions and tolerances	15
8.1 Single-phase direct connection between oil-filled transformer and switchgear	15
8.2 Three-phase direct connection between oil-filled transformer and switchgear	15
8.3 Connection between gas-insulated transformer and switchgear	16

8.4	Transformer tolerances	16
8.5	Mounting of the transformer on its foundation	16
9	Information to be given with enquiries, tenders and orders	16
10	Transport, storage, erection, operation and maintenance	16
	Bibliography.....	21
	Figure 1 – Typical direct connection between power transformer and gas-insulated metal-enclosed switchgear.....	17
	Figure 2 – Standard dimensions for typical direct connection between power transformer and gas-insulated metal-enclosed switchgear	18
	Figure 3 – Transformer tolerances for a typical direct connection shown on the example of a three-phase power transformer connected to a single-phase gas-insulated metal-enclosed switchgear.....	19
	Figure 4 – Transformer tolerances for a typical direct connection shown on the example of a three-phase power transformer connected to a three-phase gas-insulated metal-enclosed switchgear up to 170 kV	20
	Table 1 – Moment and forces applied on the bushing flange and transformer	13

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62271-211:2014

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

HIGH-VOLTAGE SWITCHGEAR AND CONTROLGEAR –

Part 211: Direct connection between power transformers and gas-insulated metal-enclosed switchgear for rated voltages above 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.

International Standard IEC 62271-211 has been prepared by subcommittee 17C: High-voltage switchgear and controlgear assemblies, of IEC technical committee 17: Switchgear and controlgear.

This first edition cancels and replaces the first edition of IEC/TR 61639:1996 and constitutes a technical revision.

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

- a) transfer from technical report to international standard;
- b) the minimum voltage rating was changed from 72,5 kV to above 52 kV;
- c) update of normative references;
- d) definition of insulated junction including limit of supply;

- e) definition of dielectric test of gas-insulated metal-enclosed switchgear for transformer connection in a three phase enclosure;
- f) addition of interface tolerances at transformer side;
- g) addition of transformer tolerances in service;
- h) addition of exceptional loads for bushings and flanges;
- i) consideration of oil- and gas-insulated transformers;
- j) inclusion of three-phase enclosed direct connections.

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

FDIS	Report on voting
17C/596/FDIS	17C/600/RVD

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

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

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

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC web site under "<http://webstore.iec.ch>" in the data related to the specific publication. At this date, the publication will be

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

The contents of the corrigendum 1 of August 2015 and corrigendum 2 of August 2017 have been included in this copy.

HIGH-VOLTAGE SWITCHGEAR AND CONTROLGEAR –

Part 211: Direct connection between power transformers and gas-insulated metal-enclosed switchgear for rated voltages above 52 kV

1 General

1.1 Scope

This part of IEC 62271 is applicable to single and three phase direct connections between gas-insulated metal-enclosed switchgear (GIS) for rated voltages above 52 kV and transformer arrangements to establish electrical and mechanical interchangeability and to determine the limits of supply of for the transformer connection.

Direct connections are immersed on one end in the transformer oil or insulating gas and on the other end in the insulating gas of the switchgear.

Transformer arrangements are single-phase transformers with single-phase enclosed arrangement, three-phase transformers with three single-phase enclosed arrangements or three-phase transformers with a three-phase enclosed arrangement with three transformer bushings.

The connection satisfies the requirements of IEC 62271-203 for gas-insulated metal-enclosed switchgear, IEC 60076 for power transformer and IEC 60137 for completely immersed bushings.

For the purpose of this international standard the term "switchgear" is used for "gas-insulated metal-enclosed switchgear".

1.2 Normative references

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

IEC 60076 (all parts), *Power transformers*

IEC 60137:2008, *Insulated bushings for alternating voltages above 1 000 V*

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

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

IEC 62271-203:2011, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 203: Gas-insulated metal-enclosed switchgear for rated voltages above 52 kV*

IEC 62271-207, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 207: Seismic qualification for gas-insulated switchgear assemblies for rated voltages above 52 kV*

2 Normal and special service conditions

2.1 Normal service conditions

Subclauses 2.1 of IEC 62271-1:2007 and IEC 62271-203:2011 are applicable.

2.2 Special service conditions

Subclauses 2.2 of IEC 62271-1:2007 and IEC 62271-203:2011 are applicable.

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC 62271-1, as well as the following apply.

3.1 bushing

device that enables a conductor to pass through a transformer tank, and insulates the conductor from it

Note 1 to entry: The means of attachment (flange or fixing device) to the tank forms part of the bushing.

[SOURCE: IEC 60050-471:2007, 471-02-01, modified – update of the definition]

3.2 completely immersed bushing

a bushing both ends of which are intended to be immersed in an insulating medium other than ambient air (e.g. oil or gas)

[SOURCE: IEC 60050-471:2007, 471-02-04]

3.3 gas-insulated switchgear enclosure

part of gas-insulated metal-enclosed switchgear retaining the insulating gas under the prescribed conditions necessary to maintain safely the highest insulation level, protecting the equipment against external influences and providing a high degree of protection to personnel

[SOURCE: 3.103 of IEC 62271-203:2011]

3.4 main circuit end terminal

part of the main circuit of a gas-insulated metal enclosed switchgear forming part of the connection interface

[SOURCE: 3.2 of IEC 62271-209:2007]

3.5 transformer connection enclosure

part of the gas-insulated metal-enclosed switchgear which houses one end of a completely immersed bushing fitted on a power transformer and a main circuit end terminal

3.6 maximum operating gas pressure

maximum pressure of the gaseous insulating medium in which one end of the bushing is immersed, when in operation, the switchgear-power transformer connection assembly carrying its rated normal current at the maximum ambient air temperature

3.7**design pressure of the enclosure**

relative pressure used to determine the design of the enclosure

Note 1 to entry: It is at least equal to the maximum operating gas pressure in the enclosure at the highest temperature that the gas used for insulation can reach under specified maximum service conditions

[SOURCE: 3.113 of IEC 62271-203:2011, modified – update of the note to entry]

3.8**rated filling pressure p_{re} of gas for insulation**

pressure (in Pa), for insulation, referred to the standard atmospheric air conditions of +20 °C and 101,3 kPa, which may be expressed in relative or absolute terms, to which the assembly is filled before being put into service

[SOURCE: 3.6.5.1 of IEC 62271-1:2007, modified – update of the term and the definition]

3.9**minimum functional pressure p_{me} for insulation**

pressure (in Pa), for insulation, referred to the standard atmospheric air conditions of +20 °C and 101,3 kPa, which may be expressed in relative or absolute terms at which and above which the characteristics of the switchgear-power-transformer connection are maintained and at which replenishment becomes necessary

[SOURCE: 3.6.5.5 of IEC 62271-1:2007, modified – update of the term and the definition]

3.10**insulated junction**

all parts which are needed to insulate the transformer from the switchgear including but not limited to the insulating flange

3.11**proctor density**

moisture-density relationship of a soil for a given compactive effort depending on the amount of water the soil contains during soil compaction of controlled magnitude

4 Rating**4.1 Rated voltage (U_r)**

The rated voltage shall be the rated voltage of the switchgear, selected from the following standard values:

72,5 kV – 100 kV – 123 kV – 145 kV – 170 kV – 245 kV – 300 kV – 362 kV – 420 kV – 550 kV

NOTE Values 800 kV and higher are not considered because there is little experience at this time.

4.2 Rated insulation level

The rated insulation level for the GIS part in the transformer connection enclosure shall be selected from the values given in the product standard IEC 62271-203. The rated insulation level for the transformer bushing shall be selected from the values given in the product standard IEC 60137.

NOTE Transformers can be tested at other insulation level values, according to the relevant standard.

The rated insulation level for a direct connection has to fulfil at least the requirements of IEC 62271-203.

4.3 Rated frequency (f_r)

Subclause 4.3 of IEC 62271-1:2007 applies.

4.4 Rated continuous current (I_r) and temperature rise

The dimensions of the connection interfaces shown in Figure 2 allow a maximum value of 3 150 A for the rated continuous current. The connection interface is shown in Figure 1 as parts 3 and 4.

The contact surfaces of the connection interface shall be silver-coated, copper-coated or bare copper.

For the rated continuous current, the connection between switchgear and power transformer shall be designed that the temperature of the transformer connection enclosure and the temperature of the connection interface do not exceed the values given in 4.4.2 of IEC 62271-203:2011.

4.5 Rated short-time withstand current (I_k) and rated thermal short-time current (I_{th})

For the rated short-time withstand current of the GIS part of the transformer connection 4.5 of IEC 62271-1:2007 is applicable and for the rated thermal short-time current of the bushing 4.3 of IEC 60137:2008.

It is recommended to apply the same short-time currents for GIS and bushing.

4.6 Rated peak withstand current (I_p) and rated dynamic current (I_d)

For the rated peak withstand current of the GIS part of the transformer connection 4.6 of IEC 62271-1:2007 is applicable and for the rated dynamic current of the bushing 4.4 of IEC 60137:2008.

It is recommended to apply the same value for the rated peak withstand current for the GIS and the rated dynamic current for the bushing.

4.7 Rated duration of short-circuit (t_k) and rated duration (t_{th})

For the rated duration of the short-circuit current of the GIS part of the transformer connection 4.7 of IEC 62271-1:2007 is applicable and for the rated duration of the bushing 4.3 of IEC 60137:2008.

It is recommended to apply the same value for the rated duration of short circuit for the GIS and the rated duration for the bushing.

4.8 Rated filling pressure p_{re} of gas for insulation

The rated filling pressure p_{re} (or density) of gas for insulating is assigned by the switchgear manufacturer.

If SF₆ is used as the insulating gas, the minimum functional pressure for insulation p_{me} , used to determine the design of the transformer bushing insulation, shall be not more than 0,35 MPa (absolute) at 20 °C.

For higher rated lightning impulse withstand voltage (BIL) the minimum functional pressure may be increased.

If a gas different from SF₆ or a gas mixture is used, the minimum functional pressure shall be chosen to provide the same dielectric strength. The minimum functional pressure shall be below the maximum operating pressure and design pressure of the enclosure.

5 Design and construction

5.1 Limits of supply

A typical direct connection is shown in Figure 1.

The limits of supply of the switchgear manufacturer and transformer manufacturer shall be according to Figure 1.

To minimize circulating currents between the switchgear and the transformer, bonding connections according to IEC 61936-1 shall be provided by the switchgear manufacturer between the different single phase switchgear enclosures; capable of carrying continuously the rated current of the transformer in normal operation. If circulating currents higher than 250 A are expected via the single-phase transformer connection enclosure, an insulated junction between the GIS and the transformer is necessary, see Figure 1 Part 9. This applies to the direct connection of three-phase and single-phase power transformers according IEC 60076 series.

NOTE 1 The tank of a transformer is not designed to carry any considerable, undefined continuous circulating currents. Practical experiences have shown that a load current of up to 1 250 A can be carried without additional precautions in the enclosure of the interface between the GIS and the transformer. This is due to the fact that approximately 80 % of the load current is carried by the bonding connection of the switchgear, to be installed preferably at the end of the switchgear enclosure at the transformer. Thus, approximately 20 % of the load current, therefore up to 250 A, could generate continuous circulating currents in the transformer enclosure. The confirmation of the current value in the bonding connection and through the transformer enclosure can be made by calculation.

NOTE 2 The user clarifies with the transformer manufacturer to confirm the maximum acceptable current via the transformer encapsulation to avoid the insulated junction, if possible.

An insulated junction may be also needed to achieve isolation between the transformer tank and the neighbouring earthed switchgear enclosures, and to achieve correct operation of the user's protection schemes for GIS and transformer faults.

The insulation level across the insulated junction shall be designed to withstand a power-frequency test voltage of 5 kV, r.m.s., for 1 min.

To limit the very-fast-front transient ground potential rises which may occur when a switching device operates, non-linear resistors may be connected in parallel with the insulated junction. The number and the characteristics of the non-linear resistors shall be determined by the switchgear manufacturer. [1]¹

According to this standard two different locations (shown in Figure 1) are acceptable for the insulated junction

- a) location "A" between the flange of the transformer connection enclosure, part 6 in Figure 1, and the flange of the bushing, part 10 in Figure 1, or
- b) location "B" between the transformer connection enclosure, part 6 in Figure 1, and the next switchgear housing, part 14 in Figure 1.

If the insulated junction is needed, the standard dimensions in accordance with Clause 8 shall be kept.

¹ Numbers in square brackets refer to the Bibliography.

Independent of the existence of an insulated junction, bonding connections between the single-phase enclosures of the switchgear need be provided by the switchgear manufacturer in accordance with IEC 61936-1 and IEC 62271-203.

Bonding connections always need to be provided between single-phase enclosed direct connection arrangements of single-phase, two-phase or three-phase transformers.

Bonding connections need not be provided for a three-phase transformer with a three-phase enclosed direct connection arrangement.

In the case of not having an insulated junction, bonding connections shall be designed not exceeding the permitted value of circulating current via the transformer tank as specified in this clause.

Without an insulated junction the bonding connection shall be made at the end of the transformer connection enclosure towards the bushing, i.e. location marked "A" in Figure 1.

With an insulated junction, in case of location marked "A" in Figure 1 the bonding connection shall be made at the end of the transformer connection enclosure towards the bushing.

In case of location marked "B" in Figure 1 the bonding connection shall be made at the end of the switchgear housing towards the bushing.

The transformer, including the bushing, shall be able to withstand very fast transient voltages which are generated by the switchgear.

If an insulated junction is applied, its design shall be also able to withstand the same value of the very fast transient voltages generated by the switchgear.

NOTE 3 Alternatively to the insulating junction an insulating spacer can be used.

5.2 Pressure withstand requirements

The maximum operating gas pressure used to determine the mechanical strength of the bushing shall be at least 0,85 MPa (absolute) at 20 °C.

The transformer connection enclosure and all pressurized connected parts shall satisfy the requirements provided in 5.103 of IEC 62271-203:2011 for the design pressure determined by the switchgear manufacturer as specified in 5.103.2 of IEC 62271-203:2011.

The design pressure of the transformer connection enclosure may be lower than the maximum operating gas pressure which is used to determine the mechanical strength of the bushing.

5.3 Gas and vacuum tightness

Subclause 5.15 of IEC 62271-203:2011 is applicable with the following addition:

For conditions up to the maximum occurring gas operating pressure, the bushing shall prevent insulating media, gas, diffusing into the transformer.

The bushing shall prevent entering insulating media, gas or oil, into the GIS.

The bushing shall be capable of withstanding the vacuum conditions when the transformer connection enclosure is evacuated, as part of the gas filling process and shall be capable of withstanding the vacuum conditions when the transformer is evacuated as part of its gas or oil filling process.

In the case of a gas-insulated transformer the gas compartment of the transformer shall be completely separated and managed independently from the switchgear.

5.4 Mechanical forces applied on the connection interface

Normal loads applicable to bushings at the connection interface (part 3 and 4 in Figure 1) are given in IEC 60137:2008, Table 1, level I (see operating loads); the minimum normal load however shall not be less than 2 kN, acting either transversely or axially to the connection interface.

Table 1 of IEC 60137:2008 gives values for bushing installed up to 30° from the vertical.

If higher normal loads are to be expected at the connection interface, then the higher loads shall be selected from IEC 60137:2008, Table 1, Level II (heavy load).

For exceptional such as short current or seismic loads use cantilever test load level II of Table 1 in IEC 60137:2008.

For seismic requirements, it is necessary to carry out seismic calculation in order to identify the location of mechanical reinforcements, see IEC 62271-207.

It is the responsibility of the switchgear manufacturer to ensure that this specified force is not exceeded or agrees with the bushing manufacturer that the bushing shall withstand the higher forces.

The selection of the appropriate bushing is under the responsibility of the transformer manufacturer taking into account the maximum occurring short circuit forces between phase and ground, respectively also between phases in the case of a three-phase enclosure at both ends of the bushing.

In the case of different withstand currents of the GIS respectively the transformer, the higher withstand currents apply.

5.5 Mechanical forces applied on the bushing flange

In addition to the maximum operating gas pressure specified in 5.2, the flange of the bushing attached to the transformer connection enclosure is subjected, in service, to the following normal loads:

- part of the weight of the switchgear not supported by the switchgear's own supporting structures;
- part of the wind load, if applicable, not supported by the switchgear's own supporting structures;
- expansion or contraction stresses due to the temperature variations of the transformer tank.

The precise evaluation of these thermal stresses of the transformer tank shall be based on the thermal expansion factor of the material of the transformer tank, taking into account the lowest occurring ambient temperature (i.e. transformer out of service) and the occurring average maximum temperature the transformer tank will have in operation (i.e. normally 90 °C at a reference temperature of 20 °C). The thermal expansion factor of the material of the transformer shall be considered for mild steel with 12×10^{-6} / K. Concerning the expansion-contraction of the transformer one cycle per day can be assumed.

NOTE 1 Variations of height or position due to draining the transformer oil and evacuating the transformer tank are not considered, assuming that the switchgear and the transformer are not connected together when these operations are performed.

Other expansion-contraction cycles need to be provided to the GIS manufacturer by the user.

These loads result in the simultaneous application, at the centre of the bushing flange, of:

- a bending moment M_0 ;
- a shearing force F_t ;
- a tensile or compressive force F_a .

The bushing and the transformer shall be capable of withstanding, in service, the values of M_0 , F_t and F_a specified in Table 1, and it shall be the responsibility of the switchgear manufacturer to ensure that these values are not exceeded.

Exceptional loads, such as a short circuit, installation or seismic, shall be 200 % of the given normal loads in Table 1.

NOTE 2 Forces on the transformer flange of the bushing imposed by switchgear enclosure as given in Table 1 are significantly higher than those forces imposed by outdoor immersed bushings in accordance with IEC 60137 of equivalent rating. These forces depend on the layout of the switchgear, with or without compensating elements on the switchgear or transformer side.

NOTE 3 The requirement concerning the ratio between normal and exceptional load is in accordance with the ratio of the operational and cantilever test loads in IEC 60137:2008, Table 1.

Table 1 – Moment and forces applied on the bushing flange and transformer

Rated voltage kV	Bending moment M_0 kNm	Shearing force F_t kN	Tensile or compressive force F_a kN
52 to 100	5	7	4
123 to 170	10	10	5
245 to 300	20	14	7
362 to 550	40	20	10

For seismic requirements, it is necessary to carry out seismic calculation in order to identify the location of mechanical reinforcements, see IEC 62271-207.

5.6 Horizontal and vertical displacement

Relative displacement between the foundations of the transformer and the switchgear shall be avoided by appropriate civil engineering design.

A maximum relative vertical settlement of 5 mm between switchgear and transformer foundation shall be considered in the design of a direct connection occurring during operation.

The ground below the transformer and switchgear foundation shall be compacted to achieve 100 % proctor density in order to obtain a maximum settlement of 5 mm between the switchgear and transformer foundation.

Relative displacements of the different foundations caused by seismic activity are not covered by this standard. Relative turning or tilting of the foundations is excluded as well, since such is considered occurring only during seismic activity.

NOTE Most of the vertical settlement of a transformer foundation can be avoided, if the transformer remains seated upon its foundation for 2 weeks filled with oil without being connected to the switchgear.

5.7 Vibrations

The vibrations generated inside the energized transformer are transmitted by the oil and the tank wall of the transformer to the bushing rigidly fixed on this wall and to the switchgear. The switchgear manufacturer and the transformer manufacturer shall agree to take into account

these vibrations. The transformer may generate vibrations at frequencies which are multiple of the network frequency.

6 Type tests

6.1 General

The testing of the bushing and the switchgear shall be performed in accordance with IEC 60137 and IEC 62271-203 respectively, with the following additions.

6.2 Dielectric tests

6.2.1 Dielectric tests of bushing

The dielectric type tests of the bushing shall to be performed in an enclosure filled with insulating gas at the minimum pressure specified in 4.8.

If a shield is an integral part of the bushing design, it shall be mounted in its service position during the tests.

A cylindrical extension piece having a diameter equal to d_2 in Figure 2 may be attached to the exposed termination top for the tests, if required by the bushing manufacturer.

The bushing end shall be surrounded by an earthed metal cylinder, the diameter of which shall not exceed d_3 in Figure 2. The minimum length of the metal cylinder shall be in accordance with the dimension l_4 given in Figure 2.

To qualify single bushings for use in a three phase encapsulated system (i.e. assembled on a common plate) calculations shall demonstrate that the dielectric withstand capability is equal or higher compared to a single phase system. Phase-to-phase stress and phase-to-earth stress have to be considered.

6.2.2 Dielectric tests of transformer connection in a single phase enclosure

The transformer connection enclosure and main circuit end terminal shall be subjected to the dielectric type tests. Dielectric type test can be performed without the bushing but with a test cylindrical extension piece having a diameter equal to d_2 in Figure 2.

The dielectric type tests shall be performed at the minimum functional pressure p_{me} as specified in 4.8.

6.2.3 Dielectric tests of transformer connection in a three phase enclosure

If the calculation of a three phase arrangement shows higher stresses than in a single phase arrangement, the design has to be modified or the arrangement has to be type-tested. The calculation respectively type test results shall be available upon request.

6.3 Cantilever load withstand tests

To demonstrate compliance with 5.4, the bushing shall be tested in accordance with 8.9 of IEC 60137:2008, Table 1, applying the shown test loads, however with a minimum test load of 4 kN.

To demonstrate withstand to the bending moment specified in Table 1, an additional test shall be performed as follows.

The bushing shall be assembled as far as necessary for the test, but there shall not be any internal gas pressure. It shall be installed vertically with its transformer-side-flange rigidly

fixed to a suitable device. The bushing end for gas immersion intended for connection to the switchgear shall be mounted in a tank as for normal operation, at ambient temperature. The tank shall be filled with an appropriate medium at 0,75 MPa (gauge) and a test load shall be applied to the tank giving a bending moment equal to two times M_0 in accordance with Table 1 is produced at the switchgear side flange of the bushing, for 1 min. The shearing force applied should be equal to two times F_t as far as possible.

The acceptance criteria shall be as prescribed in 8.9.3 of IEC 60137:2008.

6.4 Gas tightness tests

The gas tightness test shall be performed in accordance with 6.8 of IEC 62271-1:2007.

NOTE It is not necessary to test the whole direct connection with enclosure and transformer bushing. For example the tightness test can be performed at a typical flange connection as a type test. If the sealing system applied for the connection between bushing and switchgear is identical with the one used in the switchgear, no additional type test is required.

7 Routine tests

7.1 General

The testing of the bushing and the switchgear shall be performed in accordance with IEC 60137 and IEC 62271-203 respectively, with the following additions.

7.2 External pressure test of the bushing

This test shall be made before the gas tightness test. The bushing end for gas immersion shall be mounted in a tank as for normal operation, at ambient temperature. The tank shall be filled with gas or liquid, at the choice of the supplier, at a pressure of 1,15 MPa (gauge), for 1 min.

The bushing shall be considered to have passed the test if there is no evidence of mechanical damage (e.g. deformation, rupture).

7.3 Tightness tests

The tightness of the equipment is routine-tested according to the relevant product standards. As the assembly of the components is finally done at site, therefore only a tightness test for direct connection is done at site and related only to the sealing interfaces of the bushing to both neighboured compartments.

The test for the gas-filled compartment shall follow the routine test as specified under 7.4.2 of IEC 62271-1:2007.

8 Standard dimensions and tolerances

8.1 Single-phase direct connection between oil-filled transformer and switchgear

Standard dimensions for single phase transformer connection enclosures, main circuit end terminals, bushing end terminals and bushing flanges are shown in Figure 2.

8.2 Three-phase direct connection between oil-filled transformer and switchgear

The minimum dimensions of the three-phase direct connection between oil-filled transformer and switchgear are defined by the minimum phase-to-phase distance arising out of d_8 and the minimum phase to ground distance arising out of $d/2$ taking into account three single-phase bushings as specified in Figure 2.

Three-phase direct connections are considered up to 170 kV.

8.3 Connection between gas-insulated transformer and switchgear

In case of a gas insulated transformer, the detailed dimensions of the direct connection between the power transformer and the gas-insulated metal-enclosed switchgear shall be coordinated between switchgear manufacturer and transformer manufacturer. This connection will take place by using a partition rather than a bushing.

NOTE For direct connection between gas-insulated transformer and switchgear there is little experience at this time.

8.4 Transformer tolerances

Tolerances shown in Figure 3 and Figure 4 shall be considered as reference tolerances permitted after installation of the transformer ready for operation including the installed bushings.

8.5 Mounting of the transformer on its foundation

Transformers with direct connections shall be supplied with appropriate jacking pads for lifting and appropriate angles for the fixing of the transformer on its foundation; both facilities allowing a horizontal and vertical movement to adapt to the needs for the connection to the switchgear.

Care shall be taken for mounting the transformer on its foundation in order not to restrict the allowable operation tolerances in Figures 3 and 4 when directly connected to a switchgear.

Transformers installed on rails usually do not comply with this requirement.

In order to comply with the requirement of a horizontal movement of the transformer during installation and not interfering with the installation process, either in indoor or outdoor, it is best practice in civil engineering for such purpose to apply anchor bolts in conjunction with the usage of corrugated permanent formwork.

9 Information to be given with enquiries, tenders and orders

Refer to Clause 9 of IEC 62271-203:2011 and Clause 5 of IEC 60137:2008. In addition, the user should indicate whether an insulated junction is required between the transformer tank and the earthed switchgear enclosures.

For other than vertical direction of the transformer bushing the reference axis for the dimensioning tolerances shown in Figures 3 and 4 shall be applied accordingly.

The bushing manufacturer shall provide a data sheet including additionally the minimum phase-to-phase distance and the minimum phase-to-earth distance for a three phase arrangement.

10 Transport, storage, erection, operation and maintenance

Refer to Clause 10 of IEC 62271-1:2007.

The influence of residual moisture content of the bushing to the humidity of SF₆ after assembly shall not exceed the requirements defined in 5.2 of IEC 62271-1:2007.

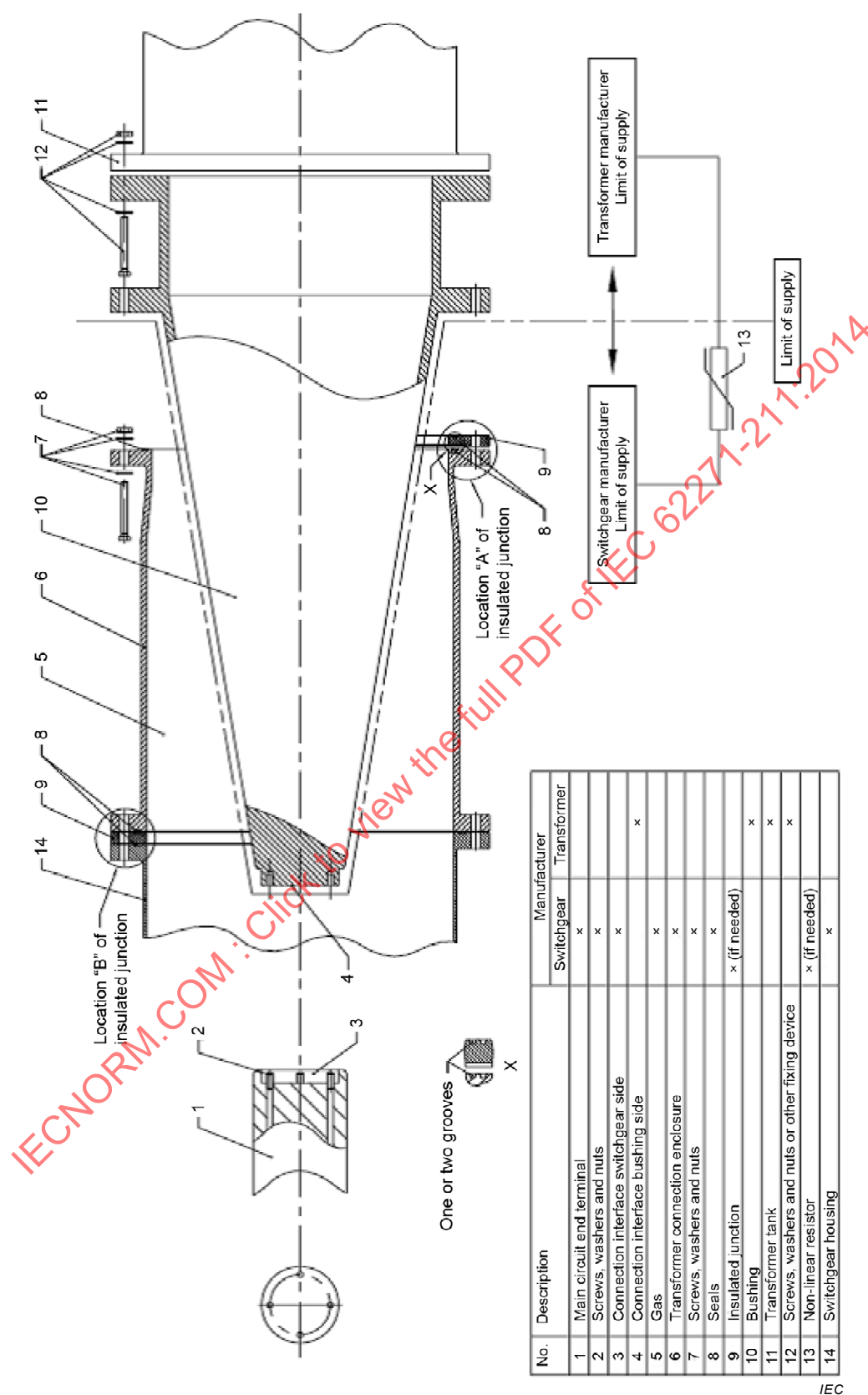
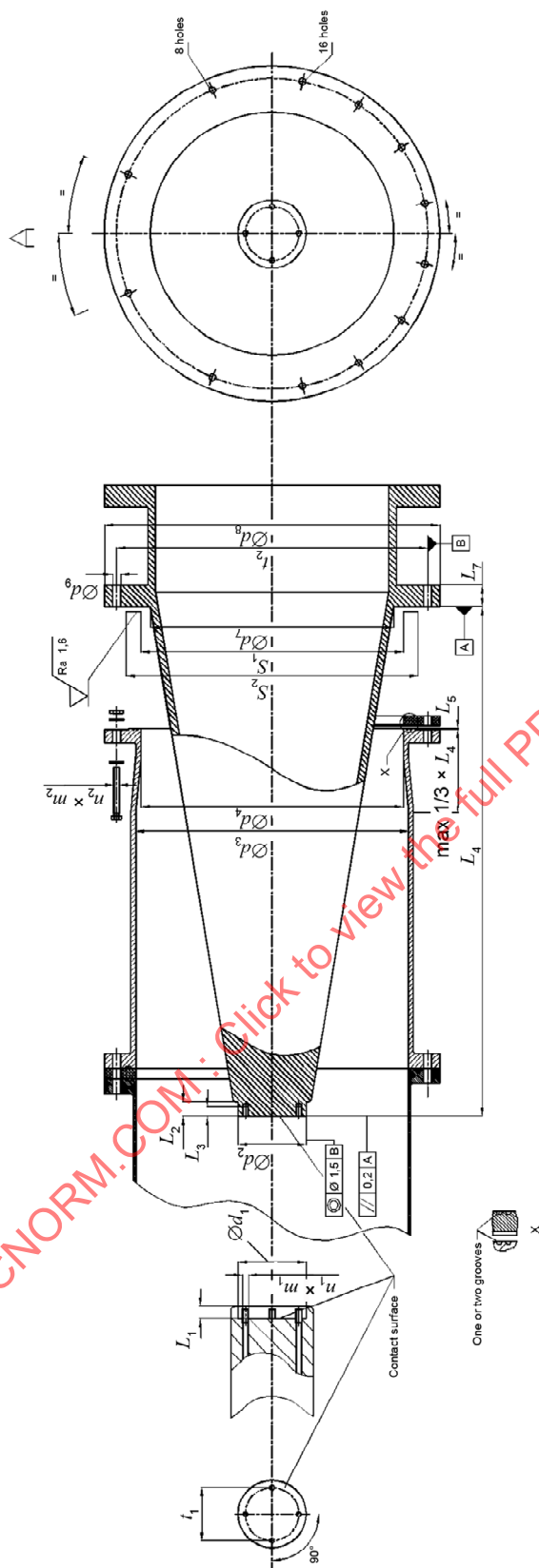


Figure 1 – Typical direct connection between power transformer and gas-insulated metal-enclosed switchgear



Rated voltage [kV]	Rated lightning voltage withstand impulse [kV]	ϕd_1	ϕd_2	ϕd_3	ϕd_4	ϕd_5	ϕd_6	ϕd_7	ϕd_8	ϕd_9	L_1 max	L_2 min	L_3 min	L_4	L_5 max (note 2)	I_7 max	$n_1 \times m_1$ (note 1)	$n_2 \times m_2$ (note 1)	S_1 max	S_2 min	ϕt_1	ϕt_2
52	325	$+0,5$ 100	99 100	250	200^{+3} 0	$-0,5$					16	30	20	330^{-1}	3	25	4×M12	8×M12	200	260	70^{-3}	295
123	550	$+0,5$ 100	99 100	300	220^{+3} 0	$-0,5$					16	30	20	520^{-1}	3	30	4×M12	8×M12	220	280	70^{-3}	305
170	750	$+0,5$ 140	139 140	450	450^{+3} 0	$-0,5$					16	30	25	770^{-2}	3	40	4×M12	16×M12	450	510	110^{-3}	535
245	880	$+0,5$ 140	139 140	500	450^{+3} 0	$-0,5$					20	30	25	1050^{-2}	3	45	4×M16	16×M12	540	800	110^{-3}	640
300	1050	$+0,5$ 140	139 140	540	540^{+3} 0	$-0,5$					20	30	25	1050^{-2}	3	45	4×M16	16×M12	540	800	110^{-3}	640
362	1175	$+0,5$ 140	139 140	540	540^{+3} 0	$-0,5$					20	30	25	1050^{-2}	3	45	4×M16	16×M12	540	800	110^{-3}	640
550	1550	$+0,5$ 140	139 140	540	540^{+3} 0	$-0,5$					20	30	25	1050^{-2}	3	45	4×M16	16×M12	540	800	110^{-3}	640

Notes

- The orientation of the fixing holes shall be in accordance with View A
- According to switchgear manufacturer's practice, a recess up to 3 mm may be provided on not

IEC

Figure 2 – Standard dimensions for typical direct connection between power transformer and gas-insulated metal-enclosed switchgear

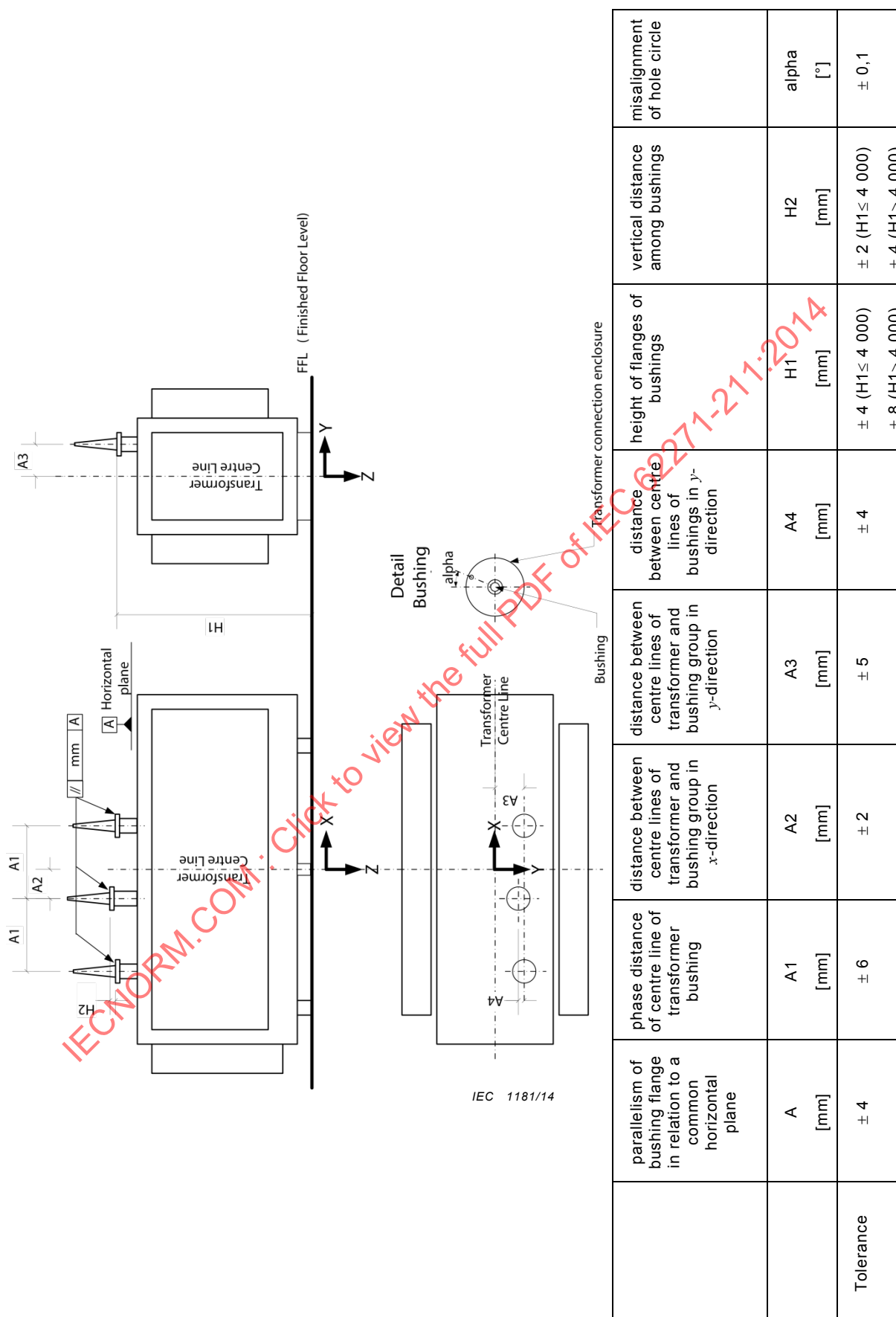
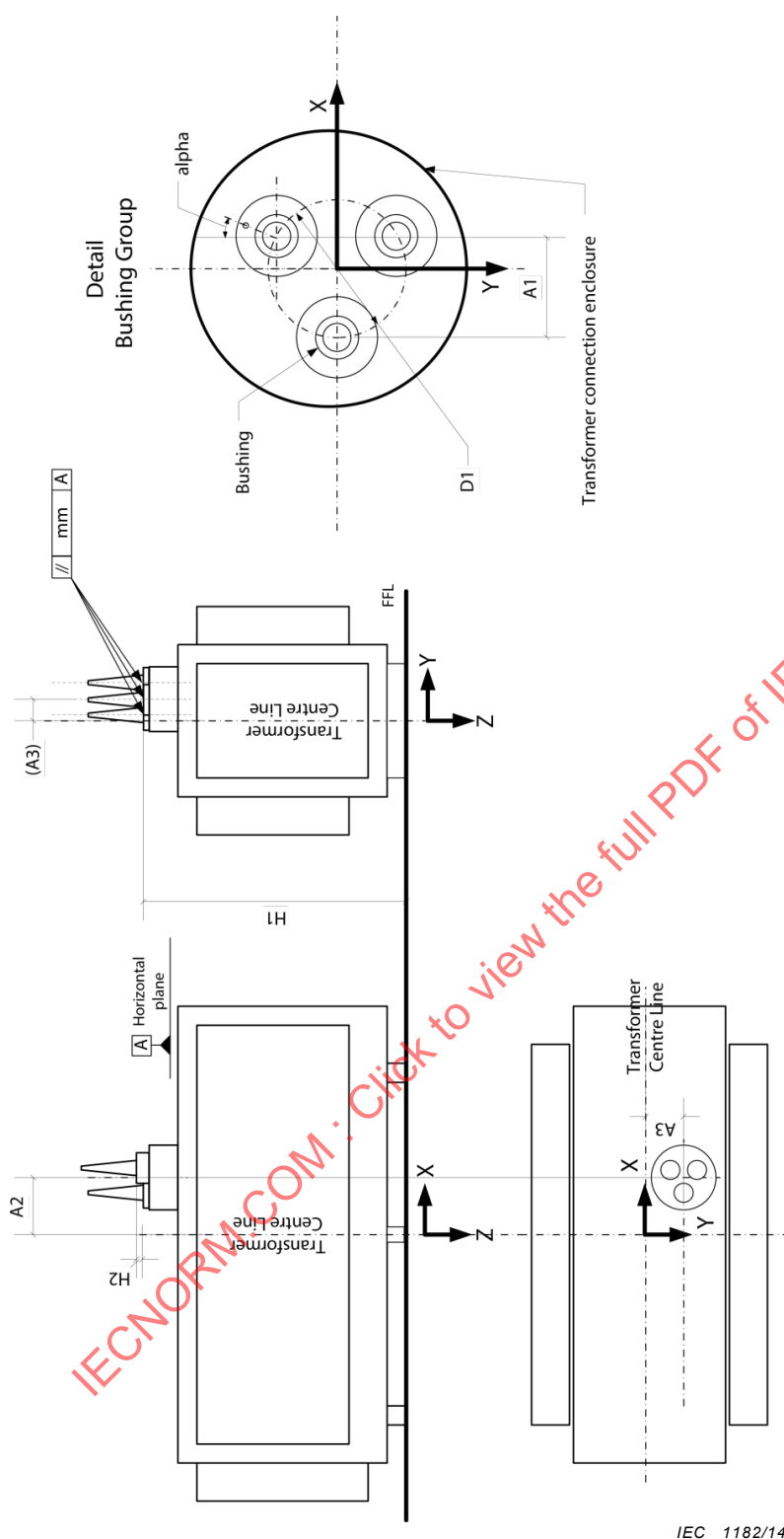


Figure 3 – Transformer tolerances for a typical direct connection shown on the example of a three-phase power transformer connected to a single-phase gas-insulated metal-enclosed switchgear



IEC 1182/14

	parallelism of bushing flange in relation to a common horizontal plane	phase distance of centre line of transformer bushing	distance between centre lines of transformer and bushing group in x-direction	distance between centre lines of transformer and bushing group in y-direction	height of flanges of bushings	vertical distance among bushings	pitch diameter	misalignment of hole circle
	A [mm]	A1 [mm]	A2 [mm]	A3 [mm]	H1 [mm]	H2 [mm]	D1 [mm]	alpha [°]
Tolerance	± 1	± 1	± 2	± 5	± 4 ($H1 \leq 4\ 000$) ± 8 ($H1 > 4\ 000$)	± 1	± 1	$\pm 0,1$

Figure 4 – Transformer tolerances for a typical direct connection shown on the example of a three-phase power transformer connected to a three-phase gas-insulated metal-enclosed switchgear up to 170 kV

Bibliography

- [1] Report of CIGRE WG 23-10: ELECTRA 151, December 1993, Earthing of GIS – An application guide
 - [2] IEC 60050-471:2007, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 471: Insulators*
 - [3] IEC 62271-209:2007, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 209: Cable connections for gas-insulated metal-enclosed switchgear for rated voltages above 52 kV – Fluid-filled and extruded insulation cables – Fluid-filled and dry-type cable-terminations*
-

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62271-211:2014

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	24
1 Généralités	26
1.1 Domaine d'application	26
1.2 Références normatives	26
2 Conditions normales et spéciales de service	27
2.1 Conditions normales de service	27
2.2 Conditions spéciales de service	27
3 Termes et définitions	27
4 Caractéristique assignée	28
4.1 Tension assignée (U_r)	28
4.2 Niveau d'isolement assigné	28
4.3 Fréquence assignée (f_r)	29
4.4 Courant continu assigné (I_r) et élévation de température	29
4.5 Courant de courte durée admissible assigné (I_k) et courant de courte durée thermique assigné (I_{th})	29
4.6 Valeur de crête du courant admissible assigné (I_p) et courant dynamique assigné (I_d)	29
4.7 Durée de court-circuit assignée (t_k) et durée assignée (t_{th})	29
4.8 Pression de remplissage assignée p_{re} du gaz utilisé pour l'isolement	30
5 Conception et construction	30
5.1 Limites d'alimentation	30
5.2 Exigences relatives à la tenue à la pression	31
5.3 Étanchéité au gaz et au vide	32
5.4 Forces mécaniques appliquées à l'interface de raccordement	32
5.5 Forces mécaniques appliquées à la bride de traversée	33
5.6 Déplacement horizontal et vertical	34
5.7 Vibrations	34
6 Essais de type	34
6.1 Généralités	34
6.2 Essais diélectriques	34
6.2.1 Essais diélectriques de la traversée	34
6.2.2 Essais diélectriques du raccordement de transformateur dans une enveloppe monophasée	35
6.2.3 Essais diélectriques du raccordement de transformateur dans une enveloppe triphasée	35
6.3 Essais de tenue aux charges mécaniques	35
6.4 Essais d'étanchéité au gaz	36
7 Essais individuels de série	36
7.1 Généralités	36
7.2 Essai de pression externe de la traversée	36
7.3 Essais d'étanchéité	36
8 Dimensions normalisées et tolérances	36
8.1 Raccordement direct monophasé entre le transformateur immergé dans l'huile et l'appareillage	36
8.2 Raccordement direct triphasé entre le transformateur immergé dans l'huile et l'appareillage	36

8.3	Raccordement entre le transformateur à isolation gazeuse et l'appareillage	36
8.4	Tolérances du transformateur	37
8.5	Montage du transformateur sur sa fondation	37
9	Renseignements à donner dans les appels d'offres, les soumissions et les commandes	37
10	Transport, stockage, installation, manœuvre et maintenance	37
	Bibliographie	42

Figure 1	– Raccordement direct type entre le transformateur de puissance et l'appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse	38
----------	---	----

Figure 2	– Dimensions normalisées pour le raccordement direct type entre le transformateur de puissance et l'appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse	39
----------	--	----

Figure 3	– Tolérances du transformateur pour un raccordement direct type représenté par l'exemple d'un transformateur de puissance triphasé raccordé à un appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse monophasé	40
----------	---	----

Figure 4	– Tolérances du transformateur pour un raccordement direct type représenté par l'exemple d'un transformateur de puissance triphasé raccordé à un appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse triphasé allant jusqu'à 170 kV	41
----------	--	----

Tableau 1	– Moment et forces appliqués à la bride de traversée et au transformateur	34
-----------	---	----

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62271-211:2014

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

APPAREILLAGE À HAUTE TENSION –

Partie 211: Raccordements directs entre transformateurs de puissance et appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse de tensions assignées supérieures à 52 kV

AVANT-PROPOS

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

La Norme internationale IEC 62271-211 a été établie par le sous-comité 17C: Ensembles d'appareillages à haute tension, du comité d'études 17 de l'IEC: Appareillage.

Cette première édition annule et remplace la première édition de l'IEC/TR 61639:1996. Cette édition constitue une révision technique.

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

- a) passage de l'état de rapport technique à l'état de norme internationale;
- b) la caractéristique assignée de tension minimale passe de 72,5 kV à au-dessus de 52 kV;

- c) mise à jour des références normatives;
- d) définition de la jonction isolée incluant la limite d'alimentation;
- e) définition de l'essai diélectrique de l'appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse pour le raccordement du transformateur dans une enveloppe triphasée;
- f) ajout des tolérances d'interface du côté du transformateur;
- g) ajout des tolérances du transformateur en service;
- h) ajout de charges exceptionnelles pour les traversées et les brides;
- i) prise en considération des transformateurs à isolation à huile et gazeuse;
- j) inclusion des raccordements directs triphasés sous enveloppe.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
17C/596/FDIS	17C/600/RVD

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

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

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

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

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

Le contenu du corrigendum 1 d'août 2015 et le corrigendum 2 d'août 2017 a été pris en considération dans cet exemplaire.

APPAREILLAGE À HAUTE TENSION –

Partie 211: Raccordements directs entre transformateurs de puissance et appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse de tensions assignées supérieures à 52 kV

1 Généralités

1.1 Domaine d'application

Cette partie de l'IEC 62271 est applicable aux raccordements directs monophasés et triphasés entre l'appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse (GIS) pour des tensions assignées supérieures à 52 kV et des dispositions de transformateurs pour établir des possibilités d'échanges électriques et mécaniques et pour déterminer les limites d'alimentation pour le raccordement du transformateur.

Les raccordements directs sont immergés à une extrémité dans l'huile du transformateur et à l'autre extrémité dans le gaz isolant de l'appareillage.

Les transformateurs sont agencés sous forme de transformateurs monophasés avec un agencement sous enveloppe monophasé, de transformateurs triphasés avec trois agencements sous enveloppe monophasés, ou de transformateurs triphasés avec un agencement sous enveloppe triphasé avec trois traversées de transformateur.

Le raccordement satisfait aux exigences de l'IEC 62271-203 pour l'appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse, de l'IEC 60076 pour le transformateur de puissance et de l'IEC 60137 pour les traversées entièrement immergées.

Pour les besoins de la présente norme, le terme "appareillage" est utilisé pour "appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse".

1.2 Références normatives

Les documents suivants sont cités en référence de manière normative, en intégralité ou en partie, dans le présent document et sont indispensables pour son application. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

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

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

IEC 61936-1, *Installations électriques en courant alternatif de puissance supérieure à 1 kV – Partie 1: Règles communes*

IEC 62271-1:2007, *Appareillage à haute tension – Partie 1: Spécifications communes*

IEC 62271-203:2011, *Appareillage à haute tension – Partie 203: Appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse de tensions assignées supérieures à 52 kV*

IEC 62271-207, *Appareillage à haute tension – Partie 207: Qualification sismique pour ensembles d'appareillages à isolation gazeuse pour des niveaux de tension assignée supérieurs à 52 kV*

2 Conditions normales et spéciales de service

2.1 Conditions normales de service

Les Paragraphes 2.1 de l'IEC 62271-1:2007 et de l'IEC 62271-203:2011 s'appliquent.

2.2 Conditions spéciales de service

Les Paragraphes 2.2 de l'IEC 62271-1:2007 et de l'IEC 62271-203:2011 s'appliquent.

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'IEC 62271-1, ainsi que les suivants, s'appliquent.

3.1

traversée

dispositif servant à faire passer un conducteur à travers une cuve de transformateur, qui en isole le conducteur

Note 1 à l'article: Les moyens de fixation (bride ou autre dispositif) sur la cuve font partie de la traversée.

[SOURCE: IEC 60050-471:2007, 471-02-01, modifiée – mise à jour de la définition]

3.2

traversée entièrement immergée

traversée dont les deux extrémités sont destinées à l'immersion dans des milieux isolants autres que l'air (par exemple huile ou gaz)

[SOURCE: IEC 60050-471:2007, 471-02-04]

3.3

enveloppe de l'appareillage de commutation à isolation gazeuse

partie d'un appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse contenant le gaz isolant dans les conditions prescrites nécessaires pour conserver avec sûreté le niveau d'isolement assigné le plus élevé, protégeant l'équipement contre les effets extérieurs et procurant un haut degré de protection pour les personnes

[SOURCE: 3.103 de l'IEC 62271-203:2011]

3.4

borne d'extrémité de circuit principal

partie du circuit principal d'un appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse faisant partie de l'interface de raccordement

[SOURCE: 3.2 de l'IEC 62271-209:2007]

3.5

enveloppe de raccordement de transformateur

partie d'un appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse qui loge une extrémité d'une traversée entièrement immergée installée sur un transformateur de puissance et une borne d'extrémité de circuit principal

3.6

pression gazeuse de service maximale

pression maximale de l'agent isolant gazeux dans lequel une extrémité de la traversée est immergée, lors du fonctionnement, l'ensemble de raccordement appareillage/transformateur

de puissance transportant son courant normal assigné à la température maximale de l'air ambiant

3.7

pression de calcul de l'enveloppe

pression relative utilisée pour la conception de l'enveloppe

Note 1 à l'article: Elle est au moins égale à la pression gazeuse de service maximale de l'enveloppe à la température la plus élevée que le gaz utilisé pour l'isolation peut atteindre dans les conditions de service maximales spécifiées.

[SOURCE: 3.113 de l'IEC 62271-203:2011, modifiée – mise à jour de la note à l'article]

3.8

pression de remplissage assignée p_{re} du gaz utilisé pour l'isolement

pression (en Pa), pour l'isolement, qui se réfère aux conditions normalisées de l'air atmosphérique qui sont de +20 °C et 101,3 kPa, et qui peut s'exprimer en termes relatifs ou absolus, à laquelle l'ensemble est rempli avant d'être mis en service

[SOURCE: 3.6.5.1 de l'IEC 62271-1:2007, modifiée – mise à jour du terme et de la définition]

3.9

pression de fonctionnement minimale p_{me} pour l'isolement

pression (en Pa), pour l'isolation, qui se réfère aux conditions normalisées de l'air atmosphérique qui sont de +20 °C et 101,3 kPa, qui peut être exprimée en termes relatifs ou absolus, à laquelle et au-dessus de laquelle les caractéristiques du raccordement appareillage/transformateur de puissance sont maintenues et à laquelle un remplissage devient nécessaire

[SOURCE: 3.6.5.5 de l'IEC 62271-1:2007, modifiée – mise à jour du terme et de la définition]

3.10

jonction isolée

toutes les pièces nécessaires pour isoler le transformateur de l'appareillage, y compris, sans limitation, la bride d'isolement

3.11

densité proctor

relation entre l'humidité et la densité d'un sol pour un effort de compactage donné, qui dépend de la quantité d'eau renfermée dans le sol durant un compactage du sol d'une grandeur contrôlée

4 Caractéristique assignée

4.1 Tension assignée (U_r)

La tension assignée doit être la tension assignée de l'appareillage, sélectionnée parmi les valeurs normalisées suivantes:

72,5 kV – 100 kV – 123 kV – 145 kV – 170 kV – 245 kV – 300 kV – 362 kV – 420 kV – 550 kV

NOTE Les valeurs 800 kV et supérieures ne sont pas prises en considération car l'on ne dispose que de très peu d'expérience pour le moment.

4.2 Niveau d'isolement assigné

Le niveau d'isolement assigné pour la partie GIS de l'enveloppe de raccordement de transformateur doit être sélectionné parmi les valeurs données dans la norme de matériel

IEC 62271-203. Le niveau d'isolement assigné pour la traversée de transformateur doit être sélectionné parmi les valeurs données dans la norme de matériel IEC 60137.

NOTE Les transformateurs peuvent être mis en essai à des valeurs de niveau d'isolement différentes, selon la norme appropriée.

Le niveau d'isolement assigné pour un raccordement direct doit satisfaire au minimum aux exigences de l'IEC 62271-203.

4.3 Fréquence assignée (f_r)

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

4.4 Courant continu assigné (I_r) et élévation de température

Les dimensions des interfaces de raccordement représentées à la Figure 2 autorisent une valeur maximale de 3 150 A pour le courant continu assigné. L'interface de raccordement est représentée sur les pièces 3 et 4 de la Figure 1.

Les surfaces de contact de l'interface de raccordement doivent être plaquées argent ou plaquées cuivre, ou être en cuivre nu.

Pour le courant continu assigné, le raccordement entre l'appareillage et le transformateur de puissance doit être conçu de telle manière que la température de l'enveloppe de raccordement de transformateur et la température de l'interface de raccordement n'excèdent pas les valeurs données en 4.4.2 de l'IEC 62271-203:2011.

4.5 Courant de courte durée admissible assigné (I_k) et courant de courte durée thermique assigné (I_{th})

Pour le courant de courte durée admissible assigné de la partie GIS du raccordement de transformateur, 4.5 de l'IEC 62271-1:2007 s'applique; pour le courant de courte durée thermique assigné de la traversée, 4.3 de l'IEC 60137:2008 s'applique.

Il est recommandé d'appliquer les mêmes courants de courte durée pour le GIS et la traversée.

4.6 Valeur de crête du courant admissible assigné (I_p) et courant dynamique assigné (I_d)

Pour la valeur de crête du courant admissible assigné de la partie GIS du raccordement de transformateur, 4.6 de l'IEC 62271-1:2007 s'applique; pour le courant dynamique assigné de la traversée, 4.4 de l'IEC 60137:2008 s'applique.

Il est recommandé d'appliquer la même valeur pour la valeur de crête du courant admissible assigné du GIS et le courant dynamique assigné de la traversée.

4.7 Durée de court-circuit assignée (t_k) et durée assignée (t_{th})

Pour la durée de court-circuit assignée de la partie GIS du raccordement de transformateur, 4.7 de l'IEC 62271-1:2007 s'applique; pour la durée assignée de la traversée, 4.3 de l'IEC 60137:2008 s'applique.

Il est recommandé d'appliquer la même valeur pour la durée de court-circuit assignée du GIS et la durée assignée de la traversée.

4.8 Pression de remplissage assignée p_{re} du gaz utilisé pour l'isolement

La pression de remplissage assignée p_{re} (ou densité) du gaz utilisé pour l'isolement est assignée par le fabricant de l'appareillage.

Si l'on utilise du SF₆ comme gaz d'isolation, la pression fonctionnelle minimale pour l'isolement p_{me} , utilisée pour déterminer la conception de l'isolation de traversée du transformateur, ne doit pas être supérieure à 0,35 MPa (absolue) à 20 °C.

Pour une tension de tenue assignée aux chocs de foudre (BIL) supérieure, la pression fonctionnelle minimale peut être augmentée.

Si l'on utilise un gaz autre que le SF₆ ou que l'on utilise un mélange gazeux, on doit choisir la pression fonctionnelle minimale de façon à assurer la même rigidité diélectrique. La pression fonctionnelle minimale doit être inférieure à la pression maximale de service et à la pression de calcul de l'enveloppe.

5 Conception et construction

5.1 Limites d'alimentation

Un raccordement direct type est représenté à la Figure 1.

Les limites d'alimentation du fabricant de l'appareillage et du fabricant du transformateur doivent être conformes à la Figure 1.

Pour réduire au maximum les courants de circulation entre l'appareillage et le transformateur, des connexions d'équipotentialité selon l'IEC 61936-1 doivent être mises en place par le fabricant de l'appareillage entre les différentes enveloppes d'appareillage monophasées, lesquelles connexions doivent être capables de transporter le courant assigné du transformateur de manière continue en fonctionnement normal. Si des courants de circulation supérieurs à 250 A sont à prévoir dans l'enveloppe de raccordement de transformateur monophasé, une jonction isolée est nécessaire entre le GIS et le transformateur; voir Figure 1, partie 9. Ceci est valable pour le raccordement direct des transformateurs de puissance triphasés et monophasés selon la série IEC 60076.

NOTE 1 La cuve d'un transformateur n'est pas conçue pour transporter des courants de circulation continus importants et indéfinis. Des expériences pratiques ont démontré qu'un courant de charge pouvant aller jusqu'à 1 250 A peut être transporté sans précautions supplémentaires dans l'enveloppe de l'interface entre le GIS et le transformateur. Ceci est dû au fait qu'environ 80 % du courant de charge est transporté par la connexion d'équipotentialité de l'appareillage, à installer de préférence à l'extrémité de l'enveloppe de l'appareillage au niveau du transformateur. Par conséquent, environ 20 % du courant de charge, soit un courant pouvant aller jusqu'à 250 A, pourrait générer des courants de circulation continus dans l'enveloppe du transformateur. La confirmation de la valeur du courant dans la connexion d'équipotentialité et à travers l'enveloppe du transformateur peut être obtenue par un calcul.

NOTE 2 Dans la mesure du possible, l'utilisateur s'entend avec le fabricant du transformateur pour confirmer le courant acceptable maximal passant par l'encapsulation du transformateur pour éviter la jonction isolée.

Une jonction isolée peut également être nécessaire pour réaliser une isolation entre la cuve du transformateur et les enveloppes d'appareillage voisines reliées à la terre, et pour réaliser le bon fonctionnement des schémas de protection de l'utilisateur pour les défauts du GIS et du transformateur.

Le niveau d'isolement de part et d'autre de la jonction isolée doit être calculé pour permettre de supporter une tension d'essai de fréquence secteur de 5 kV efficaces pendant 1 min.

Pour limiter les élévations transitoires à fronts très rapides du potentiel de terre, qui peuvent se produire lorsqu'un dispositif de commutation fonctionne, on peut connecter des résistances non linéaires en parallèle à la jonction isolée. Le nombre de résistances non linéaires et leurs caractéristiques doivent être déterminés par le fabricant de l'appareillage. [1]¹

Selon la présente norme, deux emplacements différents (représentés sur la Figure 1) sont acceptables pour la jonction isolée

- a) emplacement "A" entre la bride de l'enveloppe de raccordement de transformateur, partie 6 de la Figure 1, et la bride de la traversée, partie 10 de la Figure 1, ou
- b) emplacement "B" entre l'enveloppe de raccordement de transformateur, partie 6 de la Figure 1, et l'enceinte d'appareillage suivante, partie 14 de la Figure 1.

Si la jonction isolée est nécessaire, les dimensions normalisées de l'Article 8 doivent être respectées.

Indépendamment de l'existence d'une jonction isolée, des connexions d'équipotentialité doivent être mises en place entre les enveloppes monophasées de l'appareillage par le fabricant de l'appareillage, conformément à l'IEC 61936-1 et l'IEC 62271-203.

Des connexions d'équipotentialité doivent toujours être mises en place entre les agencements à raccordement direct monophasés sous enveloppe des transformateurs monophasés, biphasés ou triphasés.

Des connexions d'équipotentialité peuvent ne pas être mises en place sur un transformateur triphasé doté d'un agencement à raccordement direct triphasé sous enveloppe.

S'il n'y a pas de jonction isolée, des connexions d'équipotentialité doivent être conçues de façon à ne pas excéder la valeur admissible du courant de circulation par l'intermédiaire de la cuve du transformateur, comme indiqué dans le présent article.

En l'absence de jonction isolée, la connexion d'équipotentialité doit être effectuée à l'extrémité de l'enveloppe de raccordement de transformateur en direction de la traversée, c'est-à-dire à l'emplacement marqué "A" sur la Figure 1.

En présence d'une jonction isolée, dans le cas de l'emplacement marqué "A" sur la Figure 1, la connexion d'équipotentialité doit être effectuée à l'extrémité de l'enveloppe de raccordement de transformateur en direction de la traversée.

Dans le cas de l'emplacement marqué "B" sur la Figure 1, la connexion d'équipotentialité doit être effectuée à l'extrémité de l'enceinte de l'appareillage en direction de la traversée.

Le transformateur, traversée comprise, doit pouvoir supporter les tensions transitoires très rapides générées par l'appareillage.

Si une jonction isolée est appliquée, elle doit également être conçue pour supporter les mêmes valeurs de tensions transitoires très rapides générées par l'appareillage.

NOTE 3 En variante à la jonction isolée, on peut utiliser une entretoise d'isolement.

5.2 Exigences relatives à la tenue à la pression

La pression gazeuse de service maximale utilisée pour déterminer la résistance mécanique de la traversée doit être d'au moins 0,85 MPa (absolue) à 20 °C.

¹ Les chiffres entre crochets se réfèrent à la Bibliographie.

L'enveloppe de raccordement de transformateur et toutes les parties connectées à surpression interne doivent satisfaire aux exigences indiquées en 5.103 de l'IEC 62271-203:2011 pour la pression de calcul déterminée par le fabricant de l'appareillage, comme spécifié en 5.103.2 de l'IEC 62271-203:2011.

La pression de calcul de l'enveloppe de raccordement de transformateur peut être inférieure à la pression gazeuse de service maximale qui est utilisée pour déterminer la résistance mécanique de la traversée.

5.3 Étanchéité au gaz et au vide

Le Paragraphe 5.15 de l'IEC 62271-203:2011 est applicable avec le complément suivant:

Pour les conditions jusqu'à la pression gazeuse de service maximale effective, la traversée doit empêcher l'agent isolant, le gaz, de diffuser dans le transformateur.

La traversée doit empêcher la pénétration de l'agent isolant, le gaz ou l'huile, dans le GIS.

La traversée doit être capable de supporter les conditions de vide lorsque l'enveloppe de raccordement de transformateur est évacuée, en tant que partie du processus de remplissage de gaz, et doit être capable de supporter les conditions de vide lorsque le transformateur est évacué en tant que partie de son processus de remplissage de gaz ou d'huile.

Dans le cas d'un transformateur à isolation gazeuse, le compartiment de gaz du transformateur doit être complètement séparé et géré indépendamment de l'appareillage.

5.4 Forces mécaniques appliquées à l'interface de raccordement

Les charges normales applicables aux traversées au niveau de l'interface de raccordement (parties 3 et 4 de la Figure 1) sont données dans l'IEC 60137:2008, Tableau 1, niveau I (voir charges de service); la charge normale minimale, agissant soit transversalement, soit axialement par rapport à l'interface de raccordement, ne doit cependant pas être inférieure à 2 kN.

Le Tableau 1 de l'IEC 60137:2008 donne les valeurs pour la traversée installée jusqu'à 30° par rapport à la verticale.

Si des charges normales plus élevées sont à prévoir au niveau de l'interface de raccordement, les charges plus élevées doivent être sélectionnées dans l'IEC 60137:2008, Tableau 1, niveau II (charge lourde).

Pour des charges exceptionnelles telles que des courants de court-circuit ou des charges sismiques, utiliser l'essai de tenue mécanique niveau II du Tableau 1 de l'IEC 60137:2008.

Pour les exigences sismiques, on doit effectuer un calcul sismique afin d'identifier l'emplacement des renforts mécaniques; voir IEC 62271-207.

Il incombe au fabricant de l'appareillage de s'assurer que cette force spécifiée ne soit pas dépassée, ou de convenir avec le fabricant de la traversée des forces plus élevées que la traversée doit pouvoir supporter.

La sélection de la traversée appropriée est de la responsabilité du fabricant du transformateur, qui doit prendre en compte les forces de court-circuit maximales effectives entre la phase et la terre, et entre les phases respectives, dans le cas d'une enveloppe triphasée aux deux extrémités de la traversée.

Dans le cas de courants admissibles différents pour le GIS et le transformateur, respectivement, les courants admissibles les plus élevés s'appliquent.

5.5 Forces mécaniques appliquées à la bride de traversée

Outre la pression gazeuse de service maximale spécifiée en 5.2, la bride de la traversée fixée à l'enveloppe de raccordement de transformateur est soumise, en service, aux charges normales suivantes:

- la partie du poids de l'appareillage non supportée par les propres structures de support de l'appareillage;
- la partie de la force du vent, s'il y a lieu, non supportée par les propres structures de support de l'appareillage;
- les contraintes de dilatation ou de contraction dues aux variations de température de la cuve du transformateur.

L'évaluation précise de ces contraintes thermiques de la cuve du transformateur doit être basée sur le facteur de dilatation thermique du matériau de la cuve du transformateur, en prenant en compte la température ambiante la plus basse effective (c'est-à-dire transformateur hors service) et la température maximale moyenne effective que la cuve de transformateur connaît en fonctionnement (c'est-à-dire normalement 90 °C à une température de référence de 20 °C). Le facteur de dilatation thermique du matériau du transformateur doit être pris en considération pour l'acier doux avec une valeur de 12×10^{-6} / K. Concernant la dilatation ou la contraction du transformateur, on peut supposer l'existence d'un cycle par jour.

NOTE 1 Les variations de hauteur ou de position dues à la vidange de l'huile du transformateur et à l'évacuation de la cuve du transformateur ne sont pas prises en considération, et l'on suppose que l'appareillage et le transformateur ne sont pas connectés entre eux lorsque ces opérations sont effectuées.

D'autres cycles de dilatation-contraction doivent être fournis au fabricant du GIS par l'utilisateur.

Ces charges ont pour effet l'application simultanée, au centre de la bride de la traversée:

- d'un moment de courbure M_0 ;
- d'une force de cisaillement F_t ;
- d'une force de tension ou de compression F_a .

La traversée et le transformateur doivent être capables de supporter, en service, les valeurs de M_0 , F_t et F_a spécifiées dans le Tableau 1, et le fabricant de l'appareillage doit s'assurer que ces valeurs ne soient pas dépassées.

Des charges exceptionnelles, telles qu'un court-circuit, l'installation ou des charges sismiques, doivent être de 200 % des charges normales données au Tableau 1.

NOTE 2 Les forces appliquées sur la bride de transformateur de la traversée, imposées par l'enveloppe de l'appareillage comme indiqué au Tableau 1, sont sensiblement plus élevées que les forces imposées par les traversées immergées d'extérieur selon l'IEC 60137 de caractéristique assignée équivalente. Ces forces dépendent de la disposition de l'appareillage, avec ou sans éléments de compensation sur le côté appareillage ou transformateur.

NOTE 3 L'exigence concernant le rapport entre charge normale et charge exceptionnelle est conforme au rapport des charges de service et des charges des essais de tenue mécanique de l'IEC 60137:2008, Tableau 1.

**Tableau 1 – Moment et forces appliqués à la bride de traversée
et au transformateur**

Tension assignée kV	Moment de courbure M_0 kNm	Force de cisaillement F_t kN	Force de tension ou de compression F_a kN
52 à 100	5	7	4
123 à 170	10	10	5
245 à 300	20	14	7
362 à 550	40	20	10

Pour les exigences sismiques, on doit effectuer un calcul sismique afin d'identifier l'emplacement des renforts mécaniques; voir l'IEC 62271-207.

5.6 Déplacement horizontal et vertical

Les déplacements relatifs entre les fondations du transformateur et de l'appareillage doivent être empêchés par des aménagements de génie civil appropriés.

Un tassement vertical relatif maximal de 5 mm entre les fondations de l'appareillage et du transformateur, susceptible de se produire en service, doit être pris en considération lors de la conception d'un raccordement direct.

Le sol au-dessous des fondations du transformateur et de l'appareillage doit être compacté pour donner 100 % de densité proctor, afin que l'on puisse obtenir un tassement maximal de 5 mm entre les fondations de l'appareillage et du transformateur.

Les déplacements relatifs des différentes fondations, causés par l'activité sismique, ne sont pas traités dans la présente norme. La rotation ou le basculement relatif des fondations sont également exclus, ces événements n'étant censés se produire qu'en cas d'activité sismique.

NOTE La majeure partie du tassement vertical d'une fondation de transformateur peut être évitée si on laisse le transformateur reposer sur sa fondation, rempli d'huile mais non raccordé à l'appareillage, pendant deux semaines.

5.7 Vibrations

Les vibrations générées à l'intérieur d'un transformateur alimenté sont transmises par l'huile et la paroi de la cuve du transformateur à la traversée fixée de manière rigide sur cette paroi et sur l'appareillage. Le fabricant de l'appareillage et le fabricant du transformateur doivent convenir de prendre en compte ces vibrations. Le transformateur peut générer des vibrations à des fréquences qui sont des multiples de la fréquence du réseau.

6 Essais de type

6.1 Généralités

Les essais de la traversée et de l'appareillage doivent être effectués selon l'IEC 60137 et l'IEC 62271-203, respectivement, avec les ajouts suivants.

6.2 Essais diélectriques

6.2.1 Essais diélectriques de la traversée

Les essais de type diélectrique de la traversée doivent être effectués dans une enceinte remplie de gaz d'isolation à la pression minimale spécifiée en 4.8.