

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

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

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



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2011 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 la CEI ou du Comité national de la CEI du pays du demandeur.

Si vous avez des questions sur le copyright de la CEI ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de la CEI de votre pays de résidence.

IEC Central Office
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland
Email: inmail@iec.ch
Web: 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.

- Catalogue of IEC publications: www.iec.ch/searchpub

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 It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.

- IEC Just Published: www.iec.ch/online_news/justpub

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

- Electropedia: www.electropedia.org

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

- Customer Service Centre: www.iec.ch/webstore/custserv

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please visit the Customer Service Centre FAQ or contact us:

Email: csc@iec.ch
Tel.: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

A propos de la CEI

La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) 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 CEI

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

- Catalogue des publications de la CEI: www.iec.ch/searchpub/cur_fut-f.htm

Le Catalogue en-ligne de la CEI vous permet d'effectuer des recherches en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...). Il donne aussi des informations sur les projets et les publications retirées ou remplacées.

- Just Published CEI: www.iec.ch/online_news/justpub

Restez informé sur les nouvelles publications de la CEI. Just Published détaille deux fois par mois les nouvelles publications parues. Disponible en-ligne et aussi par email.

- Electropedia: www.electropedia.org

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

- Service Clients: www.iec.ch/webstore/custserv/custserv_entry-f.htm

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions, visitez le FAQ du Service clients ou contactez-nous:

Email: csc@iec.ch
Tél.: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00



IEC 62271-203

Edition 2.0 2011-09

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

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

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

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE **XC**
CODE PRIX

ICS 29.130.10

ISBN 978-2-88912-664-4

CONTENTS

FOREWORD.....	6
1 General	8
1.1 Scope.....	8
1.2 Normative references	8
2 Normal and special service conditions.....	9
2.1 Normal service conditions	9
2.2 Special service conditions.....	9
3 Terms and definitions	10
4 Ratings.....	12
4.1 Rated voltage (U_r)	13
4.2 Rated insulation level.....	13
4.3 Rated frequency (f_r).....	15
4.4 Rated normal current and temperature rise	15
4.4.1 Rated normal current (I_r)	15
4.4.2 Temperature rise	15
4.5 Rated short-time withstand current (I_k)	15
4.6 Rated peak withstand current (I_p)	15
4.7 Rated duration of short-circuit (t_k).....	15
4.8 Rated supply voltage of closing and opening devices and of auxiliary and control circuits (U_a)	15
4.9 Rated supply frequency of closing and opening devices and of auxiliary circuits	16
4.10 Rated pressure of compressed gas supply for controlled pressure systems	16
4.11 Rated filling levels for insulation and/or operation.....	16
5 Design and construction.....	16
5.1 Requirements for liquids in switchgear and controlgear	16
5.2 Requirements for gases in switchgear and controlgear	16
5.3 Earthing of switchgear and controlgear	16
5.4 Auxiliary and control equipment	17
5.5 Dependent power operation	17
5.6 Stored energy operation.....	17
5.7 Independent manual or power operation (independent unlatched operation)	17
5.8 Operation of releases	17
5.9 Low- and high-pressure interlocking and monitoring devices	17
5.10 Nameplates	18
5.11 Interlocking devices.....	18
5.12 Position indication.....	18
5.13 Degrees of protection by enclosures	18
5.14 Creepage distances for outdoor insulators	18
5.15 Gas and vacuum tightness.....	19
5.15.1 Controlled pressure systems for gas	19
5.15.2 Closed pressure systems for gas	19
5.15.3 Sealed pressure systems	19
5.16 Liquid tightness	19
5.17 Fire hazard (flammability)	19
5.18 Electromagnetic compatibility (EMC).....	19

5.19	X-Ray emission	20
5.20	Corrosion	20
5.101	Pressure coordination	20
5.102	Internal fault	21
5.103	Enclosures	22
5.104	Partitions	23
5.105	Pressure relief	25
5.106	Noise.....	26
5.107	Interfaces	26
6	Type tests.....	27
6.1	General	27
6.1.1	Grouping of tests	27
6.1.2	Information for identification of specimens	28
6.1.3	Information to be included in type-tests reports	29
6.2	Dielectric tests.....	29
6.2.1	Ambient air conditions during tests.....	29
6.2.2	Wet test procedure	29
6.2.3	Conditions of switchgear and controlgear during dielectric tests.....	29
6.2.4	Criteria to pass the test.....	29
6.2.5	Application of the test voltage and test conditions.....	29
6.2.6	Tests of switchgear and controlgear of $U_r \leq 245$ kV.....	30
6.2.7	Tests of switchgear and controlgear of rated voltage $U_r > 245$ kV	30
6.2.8	Artificial pollution tests for outdoor insulators	31
6.2.9	Partial discharge tests	31
6.2.10	Dielectric tests on auxiliary and control circuits.....	32
6.2.11	Voltage test as condition check	32
6.3	Radio interference voltage (r.i.v.) test	32
6.4	Measurement of the resistance of circuits	32
6.4.1	Main circuit	32
6.4.2	Auxiliary circuits.....	32
6.5	Temperature-rise tests.....	32
6.5.1	Conditions of the switchgear and controlgear to be tested	32
6.5.2	Arrangement of the equipment	32
6.5.3	Measurement of the temperature and the temperature rise	33
6.5.4	Ambient air temperature.....	33
6.5.5	Temperature-rise test of the auxiliary and control equipment	33
6.5.6	Interpretation of the temperature-rise tests.....	33
6.6	Short-time withstand current and peak withstand current tests.....	33
6.6.1	Arrangement of the switchgear and controlgear and of the test circuit.....	33
6.6.2	Test current and duration	33
6.6.3	Behaviour of switchgear and controlgear during test.....	33
6.6.4	Conditions of switchgear and controlgear after test.....	34
6.7	Verification of the protection	34
6.7.1	Verification of the IP coding	34
6.7.2	Verification of the IK coding	34
6.8	Tightness tests	34
6.8.1	Controlled pressure systems for gas	34
6.8.2	Closed pressure systems for gas	34
6.8.3	Sealed pressure systems	35

6.8.4	Liquid tightness tests	35
6.9	Electromagnetic compatibility tests (EMC).....	35
6.10	Additional tests on auxiliary and control circuits.....	35
6.11	X-radiation test procedure for vacuum interrupters	35
6.101	Verification of making and breaking capacities	35
6.102	Mechanical and environmental tests.....	35
6.103	Proof tests for enclosures	36
6.104	Pressure test on partitions	37
6.105	Test under conditions of arcing due to an internal fault.....	37
6.106	Insulator tests.....	38
6.107	Corrosion test on earthing connections	38
6.108	Corrosion tests on enclosures.....	39
7	Routine tests	39
7.1	Dielectric test on the main circuit	39
7.1.101	Power-frequency voltage tests on the main circuit	40
7.1.102	Partial discharge measurement.....	40
7.2	Tests on auxiliary and control circuits.....	40
7.3	Measurement of the resistance of the main circuit.....	40
7.4	Tightness test.....	40
7.5	Design and visual checks.....	40
7.101	Pressure tests of enclosures.....	40
7.102	Mechanical operation tests	41
7.103	Tests on auxiliary circuits, equipment and interlocks in the control mechanism	41
7.104	Pressure test on partitions	41
8	Guide to the selection of switchgear and controlgear	41
8.1	Selection of rated values.....	41
8.2	Continuous or temporary overload due to changed service conditions	41
9	Information to be given with enquiries, tenders and orders	42
9.1	Information with enquiries and orders.....	42
9.2	Information with tenders	42
10	Transport, storage, installation, operation and maintenance	42
10.1	Conditions during transport, storage and installation	42
10.2	Installation.....	42
10.3	Operation	47
10.4	Maintenance.....	48
11	Safety.....	48
12	Influence of the product on the environment.....	48
	Annex A (normative) Test procedure for dielectric test on three-phase encapsulated GIS, range II	49
	Annex B (normative) Methods for testing gas-insulated metal-enclosed switchgear under conditions of arcing due to an internal fault.....	50
	Annex C (informative) Technical and practical considerations of site testing	53
	Annex D (informative) Calculation of pressure rise due to an internal fault	58
	Annex E (informative) Information to be given with enquiries, tenders and orders.....	59
	Annex F (informative) Service continuity.....	65
	Annex G (informative) Insulation levels for GIS with rated voltages higher than 800 kV	74
	Annex H (informative) List of notes concerning certain countries.....	75

Bibliography	76
Figure 1 – Pressure coordination	20
Figure 2 – Example of arrangement of enclosures and gas compartments	25
Figure F.1 – Impact due to the removal of common partition between busbar-disconnector	66
Figure F.2 – Impact of GIS partitioning on service continuity	67
Figure F.3 – Single line diagram with gas partitioning scheme	67
Figure F.4 – Localisation and isolation	69
Figure F.5 – Removal of busbar disconnector in SECTION-1	69
Figure F.6 – Removal of busbar disconnector in SECTION-3	70
Figure F.7 – Extension	70
Figure F.8 – On-site dielectric test	71
Table 1 – Reference table of service conditions relevant to GIS	10
Table 2 – Rated insulation levels for rated voltages for equipment of range I	14
Table 3 – Rated insulation levels for rated voltages for equipment of range II	14
Table 4 – Performance criteria	22
Table 5 – Example of grouping of type tests	28
Table 6 – Test voltage for measuring PD intensity	31
Table 7 – On site test voltages	45
Table A.1 – Switching impulse test conditions above 245 kV	49
Table E.1 – Normal and special service conditions	59
Table E.2 – Ratings	60
Table E.3 – Design and construction	61
Table E.4 – Bus ducts	62
Table E.5 – Bushing	62
Table E.6 – Cable connection	63
Table E.7 – Transformer connection	63
Table E.8 – Current transformer	63
Table E.9 – Inductive voltage transformer	63
Table E.10 – Documentation for enquiries and tenders	64
Table F.1 – Example for service continuity requirements	72
Table G.1 – Insulation levels used for GIS with rated voltages higher than 800 kV in different countries	74

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

HIGH-VOLTAGE SWITCHGEAR AND CONTROLGEAR –

Part 203: 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 62271-203 has been prepared by subcommittee 17C: High-voltage switchgear and controlgear assemblies, of IEC technical committee 17: Switchgear and controlgear.

This second edition of IEC 62271-203 cancels and replaces the first edition of IEC 62271-203, published in 2003, and constitutes a technical revision.

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

- adopting the structure and the content to IEC 62271-1,
- harmonisation with IEEE C37.122,
- addition of the new Annex F and the new Annex G.

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

FDIS	Report on voting
17C/512/FDIS	17C/524/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.

The reader's attention is drawn to the fact that Annex H lists all of the 'in-some-country' clauses on differing practices of a less permanent nature relating to the subject of this standard.

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

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

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

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

HIGH-VOLTAGE SWITCHGEAR AND CONTROLGEAR –

Part 203: Gas-insulated metal-enclosed switchgear for rated voltages above 52 kV

1 General

1.1 Scope

This part of IEC 62271 specifies requirements for gas-insulated metal-enclosed switchgear in which the insulation is obtained, at least partly, by an insulating gas other than air at atmospheric pressure, for alternating current of rated voltages above 52 kV, for indoor and outdoor installation, and for service frequencies up to and including 60 Hz.

For the purpose of this standard, the terms “GIS” and “switchgear” are used for “gas-insulated metal-enclosed switchgear”.

The gas-insulated metal-enclosed switchgear covered by this standard consists of individual components intended to be directly connected together and able to operate only in this manner.

This standard completes and amends, if necessary, the various relevant standards applying to the individual components constituting GIS.

1.2 Normative references

The following referenced documents are indispensable for the application 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 60044-1:1996, *Instrument transformers – Part 1: Current transformers*

IEC 60044-2:1997, *Instrument transformers – Part 2: Inductive voltage transformers*

IEC 60068-2-11, *Basic environmental testing procedures – Part 2-11: Tests – Test Ka: Salt mist*

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

IEC 60141-1, *Tests on oil-filled and gas-pressure cables and their accessories – Part 1: Oil-filled, paper-insulated, metal-sheathed cables and accessories for alternating voltages up to and including 400 kV*

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

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

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

IEC 60840, *Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages above 30 kV (U_m = 36 kV) up to 150 kV (U_m = 170 kV) – Test methods and requirements*

IEC/TR 61639:1996, *Direct connection between power transformers and gas-insulated metal-enclosed switchgear for rated voltages of 72,5 kV and above*

IEC 62067, *Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages above 150 kV ($U_m = 170$ kV) up to 500 kV ($U_m = 550$ kV) – Test methods and requirements*

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

IEC 62271-100:2008, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 100: Alternating-current circuit-breakers*

IEC 62271-102:2001, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 102: Alternating current disconnectors and earthing switches*

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*

IEC/TR 62271-303, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 303: Use and handling of sulphur hexafluoride (SF_6)*

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

2 Normal and special service conditions

Clause 2 of IEC 62271-1 is applicable with the following additions:

At any altitude the dielectric characteristics of the internal insulation are identical with those measured at sea-level. For this internal insulation, therefore, no specific requirements concerning the altitude are applicable.

Some items of a GIS such as pressure relief devices and pressure and density monitoring devices may be affected by altitude. The manufacturer shall take appropriate measures if necessary.

2.1 Normal service conditions

Subclause 2.1 of IEC 62271-1 is applicable, taking into account Table 1 of this standard.

2.2 Special service conditions

Subclause 2.2 of IEC 62271-1 is applicable, taking into account Table 1 of this standard.

In the cases where higher than (>) is used in the table the values shall be specified by the user as described in IEC 62271-1.

Table 1 – Reference table of service conditions relevant to GIS

Item	Normal		Special	
	Indoor	Outdoor	Indoor	Outdoor
Ambient air temperature:				
Minimum (°C)	–5 or –25	–25 or –40	–25	–50
Maximum (°C)	+40	+40	+50	+50
Solar radiation (W/m ²)	Not applicable	1 000	Not applicable	>1 000
Altitude (m)	1 000	1 000	>1 000	>1 000
Site pollution severity ^a	Not applicable	c	c, d or e	d or e
Ice coating (mm)	Not applicable	1, 10 or 20	Not applicable	>20
Wind (m/s)	Not applicable	34	Not applicable	>34
Humidity (%)	95	100	98	100
Condensation or precipitation	Occasional	Yes	Yes	Yes
Vibration class	Not applicable	Not applicable	IEC 62271-207 IEC/TR 62271-300	IEC 62271-207 IEC/TR 62271-300
NOTE The user's specification may use any combination of normal or special service conditions above.				
^a Site pollution severity c, d or e according to IEC/TS 60815-1:2008, 8.3.				

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.

3.101

metal-enclosed switchgear and controlgear

switchgear and controlgear assemblies with an external metal enclosure intended to be earthed, and complete except for external connections

[IEC 60050-441:1984, 441-12-04]

3.102

gas-insulated metal-enclosed switchgear

metal-enclosed switchgear in which the insulation is obtained, at least partly, by an insulating gas other than air at atmospheric pressure

[IEC 60050-441:1984, 441-12-05]

NOTE 1 This term generally applies to high-voltage switchgear and controlgear.

NOTE 2 Three-phase enclosed gas-insulated switchgear applies to switchgear with the three phases enclosed in a common enclosure.

NOTE 3 Single-phase enclosed gas-insulated switchgear applies to switchgear with each phase enclosed in a single independent enclosure.

3.103

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

NOTE The enclosure can be single-phase or three-phase.

3.104**removable link**

part of the conductor which can easily be removed in order to isolate two parts of the GIS from each other

3.105**compartment**

part of gas-insulated metal-enclosed switchgear, totally enclosed except for openings necessary for interconnection and control

NOTE A compartment may be designated by the main component contained therein, e.g. circuit-breaker compartment, busbar compartment.

3.106**component**

essential part of the main or earthing circuits of gas-insulated metal-enclosed switchgear which serves a specific function (for example circuit-breaker, disconnecter, switch, fuse, instrument transformer, bushing, busbar, etc.)

3.107**support insulator**

internal insulator supporting one or more conductors

3.108**partition**

support insulator of gas-insulated metal-enclosed switchgear separating one compartment from other compartments

3.109**bushing**

device that enables one or several conductors to pass through a partition such as a wall or a tank, and insulate the conductors from it

NOTE The means of attachment (flange or fixing device) to the partition form part of the bushing.

[IEC 60050-471:2007, 471-02-01, modified]

3.110**main circuit**

all the conductive parts of gas-insulated metal-enclosed switchgear included in a circuit which is intended to transmit electrical energy

[IEC 60050-441:1984, 441-13-02, modified]

3.111**auxiliary circuit**

all the conductive parts of gas-insulated metal-enclosed switchgear included in a circuit (other than the main circuit) intended to control, measure, signal and regulate

NOTE The auxiliary circuits of gas-insulated metal-enclosed switchgear include the control and auxiliary circuits of the switching devices.

3.112**design temperature of enclosures**

maximum temperature that the enclosures can reach under specified maximum service conditions

3.113**design pressure of enclosures**

relative pressure used to determine the design of the enclosure

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

NOTE 2 The transient pressure occurring during and after a breaking operation (e.g. circuit-breaker) is not to be considered in the determination of the design pressure.

3.114

design pressure of partitions

relative pressure across the partition

NOTE 1 It is at least equal to the maximum relative pressure across the partition during maintenance activities.

NOTE 2 The transient pressure occurring during and after a breaking operation (e.g. circuit-breaker) is not to be considered in the determination of the design pressure.

3.115

operating pressure of pressure relief device

relative pressure chosen for the opening operation of pressure relief devices

3.116

routine test pressure of enclosures and partitions

relative pressure to which all enclosures and partitions are subjected after manufacturing

3.117

type test pressure of enclosures and partitions

relative pressure to which all enclosures and partitions are subjected for type test

3.118

fragmentation

damage to enclosure due to pressure rise with projection of solid material

NOTE The term “no fragmentation of the enclosure” is interpreted as follows:

- no explosion of the compartment;
- no solid parts flying off from the compartment.

Exceptions are:

- parts of the pressure relief device, if their ejection is directed;
- glowing particles and molten material resulting from burn-through of the enclosure.

3.119

disruptive discharge

phenomena associated with the failure of insulation under electric stress, in which the discharge completely bridges the insulation under test, reducing the voltage between the electrodes to zero or almost zero

3.120

service period

time until a maintenance, including opening of the gas compartments, is required

3.121

transport unit

part of gas-insulated metal-enclosed switchgear suitable for shipment without being dismantled

4 Ratings

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

- e) rated short-time withstand current (I_k) (for main and earthing circuits);
- f) rated peak withstand current (I_p) (for main and earthing circuits);

and with the following addition:

- l) rated values of the components forming part of gas-insulated metal-enclosed switchgear, including their operating devices and auxiliary equipment.

4.1 Rated voltage (U_r)

Subclause 4.1 of IEC 62271-1 is applicable with the following addition:

NOTE Components forming part of the GIS may have individual values of rated voltage for equipment in accordance with the relevant standards.

4.2 Rated insulation level

Subclause 4.2 of IEC 62271-1 is applicable with the following addition:

Tables 1 and 2 in Subclause 4.2 of IEC 62271-1 are replaced by Tables 2 and 3 below.

For rated voltages above 800 kV, see Annex G.

The GIS comprises components having a definite insulation level. Although internal faults can largely be avoided by the choice of a suitable insulation level, measures to limit external overvoltages (e.g. surge arresters,) should be considered.

NOTE 1 According to CIGRE studies the natural ratio between the withstand voltages under standard tests, for SF₆ gas insulation is $U_d / U_p = 0,45$ and $U_s / U_p = 0,75$. The values U_d shown in Table 3 are calculated with these factors.

NOTE 2 Regarding the external parts of bushings (if any), refer to IEC 60137.

NOTE 3 The waveforms are standardized lightning impulse and switching impulse shapes, pending the results of studies on the ability of this equipment to withstand other types of impulses.

NOTE 4 The choice between alternative insulation levels for a particular rated voltage for equipment should be based on insulation coordination studies, taking into account also the self-generated transient overvoltages due to switching.

Table 2 – Rated insulation levels for rated voltages for equipment of range I

Rated voltage for equipment U_r kV (r.m.s. value)	Rated short-duration power-frequency withstand voltage U_d kV (r.m.s. value)		Rated lightning impulse withstand voltage U_p kV (peak value)	
	Phase-to-earth, across open switching device and between phases	Across the isolating distance	Phase-to-earth, across open switching device and between phases	Across the isolating distance
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
72,5	140	160	325	375
100	185	210	450	520
123	230	265	550	630
145	275	315	650	750
170	325	375	750	860
245	460	530	1 050	1 200

NOTE Values in column (2) are applicable

a) for type tests, phase-to-earth and between phases;

b) for routine tests, phase-to-earth, phase-to-phase, and across the open switching device.

Values in columns (3), (4) and (5) are applicable for type tests only.

Table 3 – Rated insulation levels for rated voltages for equipment of range II

Rated voltage for equipment U_r kV (r.m.s. value)	Rated short-duration power-frequency withstand voltage U_d kV (r.m.s. value)		Rated switching impulse withstand voltage U_s kV (peak value)			Rated lightning impulse withstand voltage U_p kV (peak value)	
	Phase-to-earth and between phases (Note 3)	Across open switching device and/or isolating distance (Note 3)	Phase-to-earth and across open switching device	Between phases (Notes 3 and 4)	Across isolating distance (Notes 1, 2 and 3)	Phase-to-earth and between phases	Across open switching device and/or isolating distance (Notes 2 and 3)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
300	460	595	850	1 275	700 (+245)	1 050	1 050 (+170)
362	520	675	950	1 425	800 (+295)	1 175	1 175 (+205)
420	650	815	1 050	1 575	900 (+345)	1 425	1 425 (+240)
550	710	925	1 175	1 760	900 (+450)	1 550	1 550 (+315)
800	960	1 270	1 425	2 420	1 100 (+650)	2 100	2 100 (+455)

NOTE 1 Column (6) is also applicable to some circuit-breakers, see IEC 62271-100.

NOTE 2 In column (6), values in brackets are the peak values of the power-frequency voltage $U_r \sqrt{2} / \sqrt{3}$ applied to the opposite terminal (combined voltage).

In column (8), values in brackets are the peak values of the power-frequency voltage $0,7 U_r \sqrt{2} / \sqrt{3}$ applied to the opposite terminal (combined voltage).

NOTE 3 Values in column (2) are applicable:

- a) for type tests, phase-to-earth and between phases;
- b) for routine tests, phase-to-earth, phase-to-phase, and across the open switching device.

Values in columns (3), (4), (5), (6), (7) and (8) are applicable for type tests only.

NOTE 4 These values are derived using the multiplying factors stated in Table 3 of IEC 60071-1:2006.

4.3 Rated frequency (f_r)

Subclause 4.3 of IEC 62271-1 is applicable.

4.4 Rated normal current and temperature rise

4.4.1 Rated normal current (I_r)

Subclause 4.4.1 of IEC 62271-1 is applicable with the following addition:

Some main circuits of GIS (e.g. busbars, feeder circuits, etc.) may have different values of rated normal current. However, these values should also be selected from R10 series.

4.4.2 Temperature rise

Subclause 4.4.2 of IEC 62271-1 is applicable with the following addition:

The temperature rise of components contained in the GIS which are subject to standards not covered by the scope of IEC 62271-1 shall not exceed the temperature-rise limits permitted in the relevant standard for those components.

NOTE When applying a temperature rise equal to or higher than 65 K for parts of the enclosure not accessible to the operator, every precaution should be taken to ensure that no damage is caused to the surrounding insulating materials.

4.5 Rated short-time withstand current (I_k)

Subclause 4.5 of IEC 62271-1 is applicable.

4.6 Rated peak withstand current (I_p)

Subclause 4.6 of IEC 62271-1 is applicable with the following addition:

NOTE In principle, the rated short-time withstand current and the rated peak withstand current of a main circuit cannot exceed the corresponding rated values of the weakest of its series connected components.

4.7 Rated duration of short-circuit (t_k)

Subclause 4.7 of IEC 62271-1 is applicable.

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

Subclause 4.8 of IEC 62271-1 is applicable.

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

Subclause 4.9 of IEC 62271-1 is applicable.

4.10 Rated pressure of compressed gas supply for controlled pressure systems

Subclause 4.10 of IEC 62271-1 is not applicable.

4.11 Rated filling levels for insulation and/or operation

Subclause 4.11 of IEC 62271-1 is applicable.

5 Design and construction

GIS shall be designed so that normal service, inspection and maintenance operations, earthing of connected cables, locating of cable faults, voltage tests on connected cables or other apparatus and the elimination of dangerous electrostatic charges, can be carried out safely, including the checking of phase sequence after installation and extension.

The design of the equipment shall be such that the agreed permitted movement of foundations and mechanical or thermal effects do not impair the assigned performance of the equipment.

All components of the same rating and construction which may need to be replaced shall be interchangeable.

The various components contained within the enclosure are subject to their relevant standards except where modified by this standard.

5.1 Requirements for liquids in switchgear and controlgear

Subclause 5.1 of IEC 62271-1 is not applicable.

5.2 Requirements for gases in switchgear and controlgear

Subclause 5.2 of IEC 62271-1 is applicable with the following addition:

Recommendation for dew-point measurements and adequate corrections shall be supplied by the manufacturer. Refer to E.4

5.3 Earthing of switchgear and controlgear

Subclause 5.3 of IEC 62271-1 is applicable.

5.3.101 Earthing of the main circuit

To ensure safety during maintenance work, all parts of the main circuit to which access is required or provided shall be capable of being earthed.

Earthing may be made by:

- a) earthing switches with a making capacity equal to the rated peak withstand current, if there is still a possibility that the circuit connected is live;
- b) earthing switches without a making capacity or with a making capacity lower than the rated peak withstand current, if there is certainty that the circuit connected is not live.

Furthermore, it shall be possible, after opening the enclosure, to connect removable earthing devices for the duration of the work on a circuit element previously earthed via an earthing switch.

The earthing circuit may be degraded after being subjected to the rated short-circuit current. After such event, earthing circuit may need to be replaced.

5.3.102 Earthing of the enclosure

The enclosures shall be connected to earth. All metal parts which do not belong to a main or an auxiliary circuit shall be earthed. For the interconnection of enclosures, frames, etc., fastening (e.g. bolting or welding) is acceptable for providing electrical continuity.

The continuity of the earthing circuits shall be ensured taking into account the thermal and electrical stresses caused by the current they may have to carry.

If using single-phase enclosed switchgear, a looping circuit, i.e. an interconnection between the enclosures of the three phases, should be installed for the induced current. Each of these looping circuits should be linked as directly as possible to the general earthing grid by a conductor capable to carry the short-circuit current.

NOTE The looping circuits are intended to avoid induced currents in the enclosures from flowing in the earthing circuits and earthing grid. They are usually dimensioned for rated current and located at the appropriate location according to the layout of the GIS installation.

5.4 Auxiliary and control equipment

Subclause 5.4 of IEC 62271-1 is applicable.

5.5 Dependent power operation

Subclause 5.5 of IEC 62271-1 is applicable.

5.6 Stored energy operation

Subclause 5.6 of IEC 62271-1 is applicable.

5.7 Independent manual or power operation (independent unlatched operation)

Subclause 5.7 of IEC 62271-1 is applicable.

5.8 Operation of releases

Subclause 5.8 of IEC 62271-1 is applicable.

5.9 Low- and high-pressure interlocking and monitoring devices

Subclause 5.9 of IEC 62271-1 is applicable with the following addition:

For GIS only gas density is of importance.

The gas density or temperature compensated gas pressure in each compartment shall be continuously monitored. The monitoring device shall provide at least two sets of alarm levels for pressure or density (alarm and minimum functional pressure or density). Gas monitoring devices shall be capable of being checked with the high-voltage equipment in service.

NOTE 1 When the rated filling density differs between adjacent compartments, an additional alarm indicating over pressure or density may be used.

NOTE 2 Tolerances of the monitoring device, as well as possible differences in temperature (e.g. inside/outside of a building) between the monitoring device and the volume of gas being monitored, should be considered.

NOTE 3 Checking of gas monitoring may initiate wrong alarms which may initiate or inhibit switching operations.

NOTE 4 It is preferable for gas monitoring devices to be placed as close as possible to the gas compartment which is being monitored to ensure measuring accuracy and minimum leakage, however consideration should be given to safety and accessibility when choosing the location.

5.10 Nameplates

Subclause 5.10 of IEC 62271-1 is applicable with the following addition:

A common nameplate shall be provided to identify the GIS. It shall, as a minimum, detail the ratings listed in Clause 4 of this standard. The common nameplate shall be clearly readable from the position of local operation side.

For each individual device a nameplate according to its relevant standard is required where ratings are not detailed on the common nameplate.

The nameplates shall be durable and clearly legible for the lifetime of the GIS.

The manufacturer shall give information of the total amount of SF₆ contained in the entire GIS installation either on the nameplate or on a label placed in a visible location. If required, more information regarding the SF₆ amount shall be provided in the instruction manual.

5.11 Interlocking devices

Subclause 5.11 of IEC 62271-1 is applicable with the following addition:

The following provisions are mandatory for apparatus installed in main circuits which are used as isolating distance and earthing:

- apparatus installed in main circuits, which are used for ensuring isolating distances during maintenance work, shall be provided with visible locking devices to prevent closing (e.g. padlock);
- earthing switches shall be provided with locking devices to avoid opening.

Earthing switches having a short-circuit making capacity less than the rated peak withstand current of the circuit should be interlocked with the associated disconnectors.

Earthing switches having a short-circuit making capacity less than the rated peak withstand current, or a breaking capacity less than the rated normal current, and disconnectors should be interlocked with the associated circuit-breaker to prevent opening or closing of the switch or disconnector unless the associated circuit-breaker is open. However, on-load bus-transfer switching operations at multiple busbar substations shall be possible.

5.12 Position indication

Subclause 5.12 of IEC 62271-1 is applicable with the following addition:

Subclause 5.104.3.1 of IEC 62271-102:2001 is applicable.

5.13 Degrees of protection by enclosures

Subclause 5.13 of IEC 62271-1 is applicable.

5.14 Creepage distances for outdoor insulators

Subclause 5.14 of IEC 62271-1 is applicable with the following addition:

This applies to bushings only.

5.15 Gas and vacuum tightness

Subclause 5.15 of IEC 62271-1 is applicable with the following addition:

GIS shall be a closed pressure system or a sealed pressure system.

Leakage losses and handling losses shall be considered separately.

NOTE 1 The objective is to achieve a total loss (leakage and handling) as low as possible. A value of less than 15 % averaged over all gas compartments and for the service period of minimum 25 years should be achieved.

NOTE 2 The cause of abnormal leakage in service should be investigated carefully and corrective actions should be considered.

5.15.1 Controlled pressure systems for gas

Subclause 5.15.1 of IEC 62271-1 is not applicable.

5.15.2 Closed pressure systems for gas

Subclause 5.15.2 of IEC 62271-1 is applicable with the following addition:

The leakage rate from any single compartment of GIS to atmosphere and between compartments shall not exceed 0,5 % per year for the service lifetime of the equipment.

5.15.3 Sealed pressure systems

Subclause 5.15.3 of IEC 62271-1 is applicable.

5.15.101 Leakage

In accordance with standardized procedure defined in Annex E of IEC 62271-1, the manufacturer shall demonstrate that the leakage rate from any compartment of GIS or between compartments complies with 5.15.2 or 5.15.3.

5.15.102 Gas handling

The GIS shall be designed so as to minimize gas-handling losses during service life. The manufacturer shall specify test and maintenance procedures for minimizing gas-handling losses and shall identify the gas loss associated with each procedure.

The manufacturer shall recommend procedures for SF₆ handling according to IEC 60480 and IEC/TR 62271-303.

5.16 Liquid tightness

Subclause 5.16 of IEC 62271-1 is not applicable.

5.17 Fire hazard (flammability)

Subclause 5.17 of IEC 62271-1 is applicable.

5.18 Electromagnetic compatibility (EMC)

Subclause 5.18 of IEC 62271-1 is applicable.

5.19 X-Ray emission

Subclause 5.19 of IEC 62271-1 is applicable with the following addition:

This applies only to circuit breakers with vacuum interrupters.

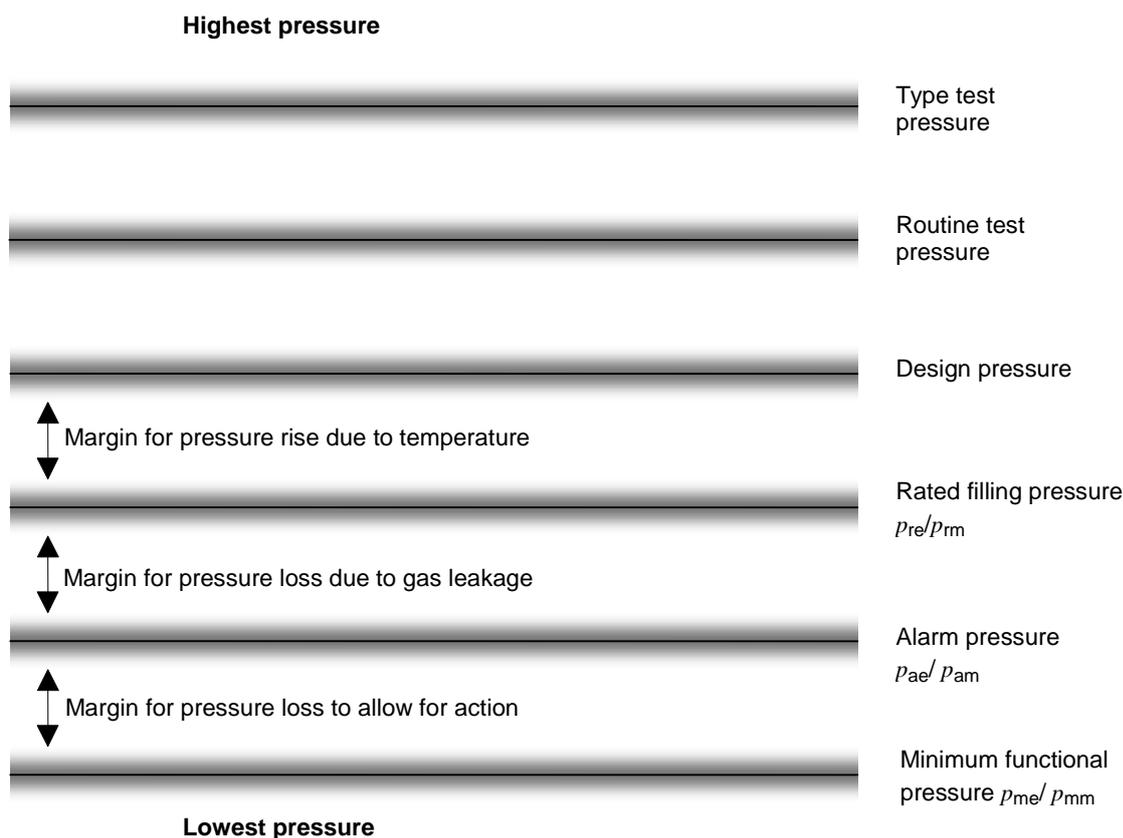
5.20 Corrosion

Subclause 5.20 of IEC 62271-1 is applicable with the following addition:

The continuity of the earthing circuits shall be ensured taking into account the corrosion of bolted and screwed assemblies.

5.101 Pressure coordination

The pressure inside a GIS may vary from the rated filling pressure level due to different service conditions. Pressure increase due to temperature and leakage between compartments may impose additional mechanical stresses. Pressure decrease due to leakage may reduce the insulation properties. Figure 1 shows the various pressure levels and their relationship.



IEC 1883/11

Figure 1 – Pressure coordination

The manufacturer is responsible for choosing the minimum functional pressure for insulation p_{me} and operation p_{mm} . The alarm pressures p_{ae}/p_{am} are related to the rated filling pressures p_{re}/p_{rm} by the specified leakage rate in order to achieve the minimum requirements for the re-filling period specified in IEC 62271-1 and by the user.

The time between the alarm pressure p_{ae} and the minimum functional pressure p_{me} allows corrective actions to be undertaken and is dependent upon the gas leakage rate. When considering the duration of this time period the tolerances of the gas monitoring devices shall be taken into consideration.

In service conditions, the mechanical stresses are associated with the internal pressure which depends on the gas temperature. Consequently, the design pressure corresponds to the rated filling pressure at the maximum temperature the gas can reach.

Routine test pressure and type test pressure are based on design pressure taking into account material and manufacturing process factors.

5.102 Internal fault

5.102.1 General

A fault leading to arcing within GIS built to this standard has a very low order of probability. This results from the application of an insulating gas other than air at atmospheric pressure which will not be altered by pollution, humidity or vermin.

GIS shall be designed, manufactured and operated in order to prevent the occurrence of internal fault within GIS. All possible measures to keep a very low probability of occurrence shall be taken such as:

- insulation co-ordination,
- gas leakage limitation and control,
- high quality of work on site,
- interlocking of switching device.

The very low probability of such an event shall be considered. Arrangements shall be made to minimize the effects of internal faults on service continuity (e.g. high speed protection, remote control). The internal arc shall not propagate into adjacent gas compartments.

After such an event, an intervention should be necessary in order to isolate the faulty compartment. The general partitioning of GIS design shall permit the restoration of the part of GIS which are not affected in order to satisfy the service operation requirements when defined (see Annex F).

5.102.2 External effects of the arc

The effects of an internal arc are:

- pressure increase of gas (see Annex D),
- possible burn-through of enclosure.

The external effects of the arc shall be limited to the appearance of a hole or a tear in the enclosure without any fragmentation (by a suitable protective system).

The duration of the arc is related to the performance of the protective system determined by the first stage (main protection) and second stage (back-up protection).

Table 4 gives the performance criteria for the duration of the arc according to the performance of the protective system.

Table 4 – Performance criteria

Rated short-circuit current	Protection stage	Duration of current	Performance criteria
<40 kA r.m.s.	1	0,2 s	No external effect other than the operation of suitable pressure relief devices
	2	≤0,5 s	No fragmentation (burn-through is acceptable)
≥40 kA r.m.s.	1	0,1 s	No external effect other than the operation of suitable pressure relief devices
	2	≤0,3 s	No fragmentation (burn-through is acceptable)

Manufacturer and user may define a time during which an arc due to an internal fault up to a given value of short-circuit current will cause no external effects. The definition of this time shall be based on test results or an acknowledged calculation procedure. See Equation (D.1).

The duration of current without burn-through for different values of the short-circuit current may be estimated from an acknowledged calculation procedure. See Bibliography.

5.102.3 Internal fault location

The manufacturer of the GIS should propose appropriate methods for the determination of the location of a fault, if required by the user.

5.103 Enclosures

5.103.1 General

The enclosure shall be capable of withstanding the normal and transient pressures to which it is subjected in service.

5.103.2 Design of enclosures

The design of the enclosure shall be made in accordance with established standards for pressurized enclosures of gas-filled, high-voltage switchgear and controlgear with inert, non-corrosive, low pressurized gases. For further information, consult the bibliography.

Methods for the calculation of the thickness and the construction of enclosures either by welding or casting shall be based on the design pressure (see definition in 3.113).

NOTE When designing an enclosure, account should also be taken of the following:

- a) the possible evacuation of the enclosure as part of the normal filling process;
- b) the full differential pressure possible across the enclosure walls or partitions;
- c) the resulting pressure in the event of an accidental leak between the compartments in the case of adjacent compartments having different service pressures if overpressure is not monitored;
- d) the possibility of the occurrence of an internal fault (see 5.102).

In determining the design pressure, the gas temperature shall be taken as the mean of the upper limits of the enclosure temperature and the main circuit conductor temperature with rated normal current flowing unless the design pressure can be established from existing temperature-rise test records.

For enclosures and parts thereof, the strength of which has not been fully determined by calculation, proof tests (see 6.103) shall be performed to demonstrate that they fulfil the requirements.

Materials used in the construction of enclosures shall be of known and certified minimum physical properties on which calculations and/or proof tests are based. The manufacturer shall be responsible for the selection of the materials and the maintenance of these minimum properties, based on certification of the material supplier, or tests conducted by the manufacturer, or both.

5.104 Partitions

5.104.1 Design of partitions

Partitions shall be used to separate compartments of the GIS and shall be gas tight such that contamination between adjacent compartments cannot occur. Partitions shall be made of material having insulating and mechanical properties so as to insure proper operation over the lifetime of the GIS. Partitions shall maintain their dielectric withstand strength at service voltage when contaminated by SF₆ by-products generated from normal load switching or short-circuit fault breaking.

The design pressure of a partition is defined by maintenance situation. During maintenance activities, the partition is normally pressurized on one side and maintenance is being carried out on the other side at atmospheric pressure. In this case the pressure to be considered on the pressurized side of the partition is the pressure at maximum ambient temperature with solar radiation effects (where applicable) and rated continuous current (where applicable). The pressure so derived is the design pressure of the partition.

For safety reasons, during maintenance activities, the gas pressure may be lowered to a specified and controlled pressure below the rated pressure. In such cases this reduced pressure on one side of the partition can be used when determining the design pressure. Warning notices and gas handling procedures shall be written in the operating and maintenance manuals.

Beyond the design pressure, account shall be taken of the following, if applicable:

- evacuation of a gas compartment on one side of the partition with service pressure on the other, as part of the filling process; if there is a pressure differential limitation, or a time limitation related to the pressure differential, these shall be clearly stated by the manufacturer;
- a controlled enhanced pressure, in excess of the maximum gas pressure, on one side of the partition with service pressure on the other side during electrical testing of the equipment and associated circuits;
- for non-symmetrical partitions, as far as the pressure on the partition is concerned, the worst-case pressure direction;
- superimposed loads and vibration;
- the possibility of maintenance being carried out adjacent to a pressurized partition, with special care to avoid rupture of the partition and the risk of injuries for maintenance people.

NOTE Enhanced pressure due to internal fault is not considered to establish the pressure design since in such situation, partition will be closely inspected and replaced if necessary.

5.104.2 Partitioning

The selection of the electrical single-line diagram is the primary consideration to fulfil service continuity requirements. Layout arrangements and introduction of dismantling facilities will influence service continuity during maintenance, repair and extension.

Partitioning of a GIS is influenced by the service continuity requirements during maintenance, repair and extension. Local health and safety requirements also have to be considered, refer to Clause 11.

Annex F provides guidance for specifying service continuity.

GIS shall be divided into compartments in such a manner that:

- during various activities requiring de-energization of parts of the GIS, compartments to be taken out of service comply with the user's service continuity requirements. These activities include:
 - maintenance,
 - repair,
 - extension;
- the effects of an arc inside a compartment is limited to that compartment (see 5.102.1);
- duration of unavailability in case of major failure shall be in accordance with the user's service continuity requirements;
- the gas compartment can be evacuated and filled in a reasonable time considering the gas handling devices available.

NOTE For on-site dielectric tests (after maintenance, repair or extension), refer to 10.2.101.2

Partitions are generally of insulating material. They are not intended to provide electrical safety of personnel. For this purpose, other means such as separating by an isolating distance and earthing of the equipment may be necessary.

Partitions provide mechanical safety against the gas pressure still present in the adjacent compartment during maintenance, repair and extension. During such activities, other mechanical stresses than pressure should be considered on partitions, such as shock of any piece, or transient mechanical stresses from conductors in order to define the safety rules and avoid health risk for people.

Where a GIS bus-duct pass between indoor and outdoor locations (for example, GIS installed within a building with outdoor bushings), the gas compartment may be provided with a partition close to the wall, separating the compartment between the indoor and outdoor environments to prevent problems arising from false alarms of the gas monitoring devices and condensation occurring due to indoor and outdoor temperature differences.

Each compartment shall be equipped with the following accessories:

- filling valve;
- gas monitoring device (see 5.9).

Depending on the GIS design or on users request each compartment may be equipped with the following accessories:

- pressure relief device (see 5.105.3);
- desiccant;
- internal fault arc location detector (see 5.102.3).

Figure 2 gives an example of an arrangement of enclosures and partitions for different types of adjacent compartments.

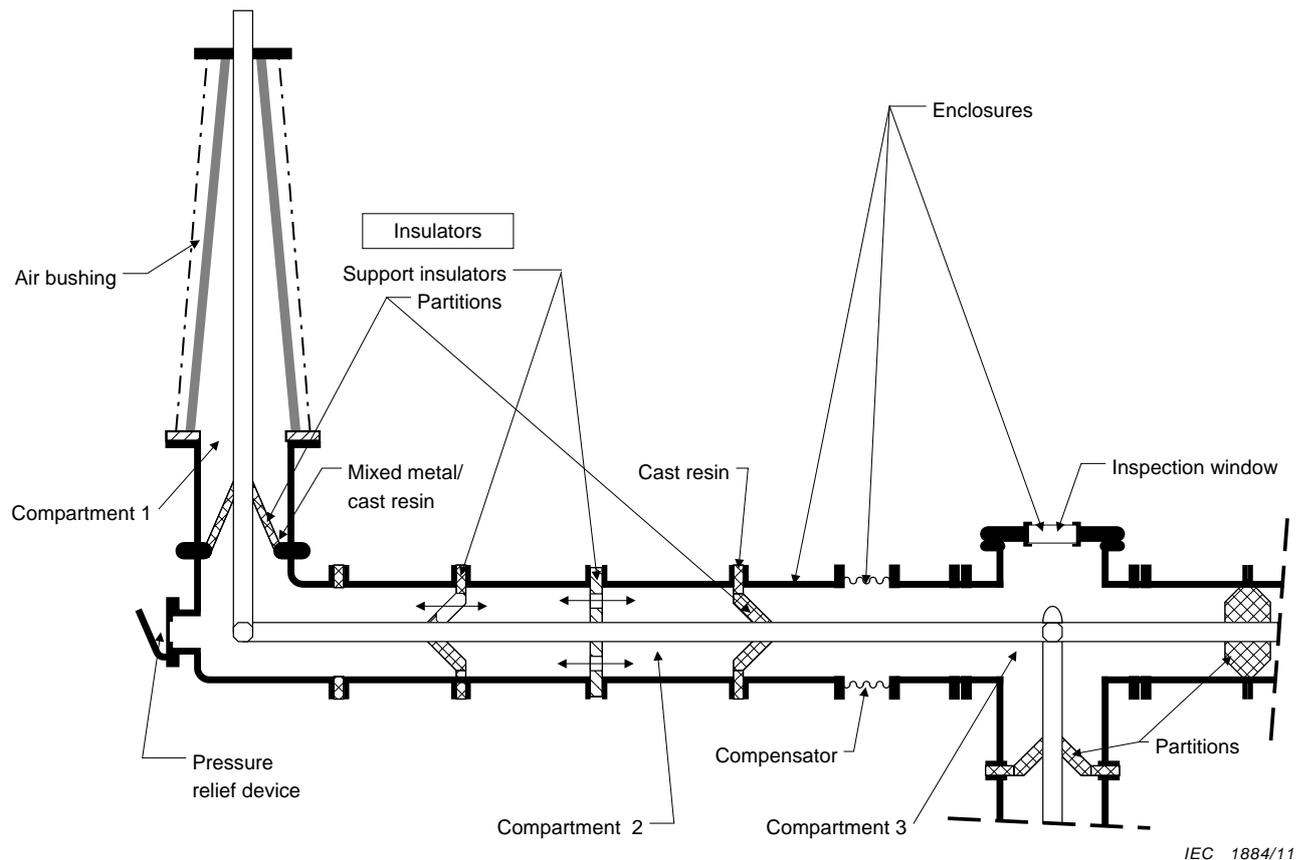


Figure 2 – Example of arrangement of enclosures and gas compartments

5.105 Pressure relief

Pressure relief device includes both pressure relief valves, characterized by an opening pressure and a closing pressure; and non-reclosing pressure relief devices, such as diaphragms and bursting disks. Pressure relief devices in accordance with this subclause shall be arranged so as to minimize the danger to an operator during the time he is performing his normal operating duties in the gas-insulated substation if gases or vapours are escaping under pressure.

5.105.1 Non-reclosing pressure relief device

Since, after an arc due to an internal fault, the damaged enclosures will be replaced, non-reclosing pressure relief devices need only be proportioned to limit the external effects of the arc (see 5.102.2).

5.105.2 Pressure relief valve

For filling a gas compartment, a pressure relief valve shall be fitted to the filling pipe to prevent the gas pressure from rising to more than 10 % above the design pressure during the filling of the enclosure.

After an opening operation of a pressure relief valve, it shall reclose before the pressure has fallen to 75 % of the design pressure.

The filling pressure should be corrected to take into account the gas and ambient temperature at the time of filling.

5.105.3 Limitation of pressure rise in the case of an internal fault

Pressure relief devices protect against overpressure in case of internal fault. For safety reasons and in order to limit consequences on GIS, it is recommended that each compartment be equipped with a pressure relief device, except for large volumes where the overpressure is self-limited to values which do not exceed the type test pressure. For the calculation method, see Annex D.

The pressure relief device shall be equipped with a deflector in order to control the direction of emission in such a way so as to minimize the danger to an operator working in accessible places for normal operation.

In order to avoid any pressure relief operation under normal conditions, a sufficient difference is necessary between the operation pressure of the pressure relief device and the design pressure. Moreover, transient pressure occurring during operation (if applicable, e.g. circuit-breaker) shall be taken into account when determining the operating pressure of the pressure relief device.

NOTE In the case of an internal fault which causes yielding of the enclosure, enclosures of adjacent compartments should be checked for absence of distortion.

5.106 Noise

During an operation, the level of noise emitted by the switchgear should not exceed a specified value defined by the user. The procedure of verification should be agreed between manufacturer and user (see IEC 61672-1 and IEC 61672-2).

5.107 Interfaces

In order to facilitate testing of GIS, isolating facilities may be included in the design in each of the components mentioned below. This type of separation is preferable rather than dismantling. For air bushing, the high-voltage connection can be removed, preferably on the air side.

The isolating facilities shall be designed to withstand the test voltages of the components mentioned below.

5.107.1 Cable connections

Refer to IEC 62271-209.

Those parts of the GIS, which remain connected to the cable, shall be capable of withstanding the cable test voltages specified in the relevant cable standards for the same rated voltage for equipment.

During dielectric tests on cables in general, the adjacent parts of the GIS should be de-energized and earthed, unless special measures are taken to prevent disruptive discharges in the cable affecting the energized parts of the GIS.

The location of bushings for cable testing should be provided at the cable connection enclosure or at the GIS itself (see IEC 62271-209) or (to reduce handling losses of SF₆) at the other end of the cable.

5.107.1.1 Extruded insulation cable

According to IEC 60840 and IEC 62067 the electrical tests after installation are AC voltage tests in such case; part of the GIS in the vicinity of the cable termination can be subject to AC test voltage of the cable.

5.107.1.2 Oil-filled cable

According to IEC 60141-1 the electrical tests after installation are DC voltage tests, in such case; if it is not acceptable to apply DC cable test voltages to the GIS, special provisions for cable testing shall be made (e.g. disconnecting facilities and/or increasing of the gas density for insulation).

5.107.2 Direct transformer connections

Refer to IEC/TR 61639.

In order to facilitate testing of transformers, an isolated earthing switch may be included in the design of the bushing or the GIS. It should be considered that any opening of the GIS for the testing of the transformer should be avoided to reduce the handling losses of SF₆ and to reduce the outage time of the equipment.

5.107.3 Bushings

Refer to IEC 60137, IEC 60815-1, -2, -3, IEC 62155 and IEC 61462.

5.107.4 Interfaces for future extensions

When an extension is planned, the locations of any possible future extension should be considered and stated by the user in the technical specification.

In the case of later extension with another GIS product and if requested by the user, the manufacturer shall supply information preferably in the form of drawings giving sufficient information to enable such an interface to be designed at a later stage. The procedure to ensure confidentiality of the design details shall be agreed between the user and manufacturer.

The interface should concern busbars or busducts only, and not direct connections to “active” devices such as circuit-breakers or disconnectors. If an extension is planned, it is recommended that the interface incorporates facilities for installation and testing of the extension to limit the part of the existing GIS to be re-tested and to allow the connection to the existing GIS without further dielectric testing (refer to C.3). It shall be designed to withstand the rated insulation levels across the isolating distance.

6 Type tests

6.1 General

Subclause 6.1 of IEC 62271-1 is applicable with the following addition:

For type tests, technical grade SF₆ in accordance with IEC 60376 or used SF₆ in accordance with IEC 60480 can be used.

In regard of gas handling IEC/TR 62271-303 shall be taken into account.

6.1.1 Grouping of tests

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

As a general rule, tests on GIS components should be carried out in accordance with their relevant standards, unless a specific test specification or condition is defined in this standard. For such cases, the condition given in this standard shall be taken into account.

Unless specific testing prescriptions are defined, type testing shall be carried out on a complete functional unit (single-phase or three-phase). When this is impracticable, type tests can be made on representative assemblies or sub-assemblies.

Because of the variety of types, ratings and possible combinations of components, it is impracticable to subject all arrangements of the GIS to type tests. The performance of any particular arrangement may be substantiated from test results obtained on representative assemblies or sub-assemblies. The user shall check that tested sub-assemblies are representative of the users' arrangement.

The type tests and verifications are listed in Table 5 below. As proposed in IEC 62271-1, some tests can be grouped. An example of a possible grouping is also shown in Table 5.

Table 5 – Example of grouping of type tests

Mandatory type tests		
Group		Subclause
1	a) Tests to verify the insulation level of the equipment and dielectric tests on auxiliary circuits	6.2
-	b) Tests to prove the radio interference voltage (RIV) level (if applicable)	6.3
2	c) Tests to prove the temperature rise of any part of the equipment and measurement of the resistance of the main circuit	6.4 and 6.5
3	d) Tests to prove the rated peak and the rated short-time withstand current	6.6
3	e) Tests to verify the making and breaking capacity of the included switching devices	6.101
4	f) Tests to prove the satisfactory operation of the included switching devices	6.102.1
*	g) Tests to prove the strength of enclosures	6.103
4	h) Verification of the degree of protection of the enclosure	6.7
4	i) Gas tightness tests	6.8
*	j) Electromagnetic compatibility tests (EMC)	6.9
4	k) Additional tests on auxiliary and control circuits	6.10
*	l) Tests on partitions	6.104
4	m) Tests to prove the satisfactory operation at limit temperatures	6.102.2
*	n) Tests to prove performance under thermal cycling and gas tightness tests on insulators	6.106
*	o) Corrosion test on earthing connections (if applicable)	6.107
*	p) X-radiation test procedure for vacuum interrupters (if applicable)	6.11
NOTE All type tests should be carried out using the number of test samples specified in 6.1.1 of IEC 62271-1:2007 and in the relevant apparatus standards. Where the test is marked by * an additional test sample is allowed for the marked test.		
Type tests, when requested by the user (additional test samples may be used)		
Group		Subclause
*	q) Tests to assess the effects of arcing due to an internal fault	6.105
*	r) Corrosion test on enclosures (if applicable)	6.108

6.1.2 Information for identification of specimens

Subclause 6.1.2 of IEC 62271-1 is applicable.

6.1.3 Information to be included in type-tests reports

Subclause 6.1.3 of IEC 62271-1 is applicable.

6.2 Dielectric tests

Subclause 6.2 of IEC 62271-1 is applicable with the following addition:

Dielectric tests performed as type tests shall be followed by a partial discharge measurement according to the test procedure described in 6.2.9.

6.2.1 Ambient air conditions during tests

Subclause 6.2.1 of IEC 62271-1 is applicable with the following addition:

No atmospheric correction factors shall be applied for dielectric tests on GIS.

6.2.2 Wet test procedure

Subclause 6.2.2 of IEC 62271-1 is not applicable but the following points need to be noted:

- the wet test is applicable to outdoor bushings only;
- the test voltage and the test procedure shall be those specified in IEC 60137.

6.2.3 Conditions of switchgear and controlgear during dielectric tests

Subclause 6.2.3 of IEC 62271-1 is applicable.

6.2.4 Criteria to pass the test

Subclause 6.2.4 of IEC 62271-1 is applicable.

NOTE It is especially important for GIS to check the dielectric strength in order to eliminate all possible reasons for an internal fault in service. Therefore, if any disruptive discharges occur during the type test series, it is highly recommended to use all possible measures (even opening of the compartment) to find the location of flashover and to analyse the reason for it.

6.2.5 Application of the test voltage and test conditions

Subclause 6.2.5 of IEC 62271-1 is applicable with the following addition:

The test voltages are specified in 6.2.6 and 6.2.7.

When each phase is individually enclosed in a metallic enclosure (single-phase design), only tests to earth, and no test between phases, shall be carried out. Bushings, used for external connections, shall be tested according to the relevant standards.

Current transformers secondaries shall be short-circuited and earthed during dielectric testing.

Attention shall be given to the possibility that switching devices, in their open position, may result in less favourable field conditions. Under such conditions, the test shall be repeated in the open position. If, in the open position of a disconnecter, an earthed metallic screen is interposed between the open contacts, this contact gap is not an isolating distance.

When voltage transformers and/or surge arresters forming an integral part of the GIS have a reduced insulation level, they may be replaced during the dielectric tests by replicas reproducing the field configuration of the high-voltage connections. Overvoltage protection

devices shall be disconnected or removed during the tests. When this procedure is adopted, the voltage transformers and/or surge arresters shall be separately tested in accordance with the relevant standards.

Special requirements are prescribed in details in Annex A.

6.2.5.1 General case

Subclause 6.2.5.1 of IEC 62271-1 is applicable.

6.2.5.2 Special case

Subclause 6.2.5.2 of IEC 62271-1 is applicable with the following addition:

When the test voltage across the open switching device or across the isolating distance is higher than the phase-to-earth withstand level, but equal to the phase-to-phase withstand level, the test voltage shall be applied according to 6.2.5.2 of IEC 62271-1.

For switchgear and controlgear of $U_r \leq 245$ kV, the test across the isolating distance can be performed with the test voltage applied to one side of the isolating distance and the other side grounded or according to 6.2.5.2 of IEC 62271-1.

When the phase-to-phase withstand level is higher than the phase-to-earth withstand level, the test voltage shall be applied according to Annex A.

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

The rated withstand voltages shall be those specified in Table 2.

6.2.6.1 Power-frequency voltage tests

Subclause 6.2.6.1 of IEC 62271-1 is applicable with the following addition:

The main circuits of the GIS shall be subjected to power-frequency voltage tests in dry conditions only.

6.2.6.2 Lightning impulse voltage tests

Subclause 6.2.6.2 of IEC 62271-1 is applicable with the following addition:

If the alternative method described in 6.2.5.2 of IEC 62271-1 is used, the test voltage is defined in column (5) of Table 2.

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

The rated withstand voltages shall be those specified in Table 3.

6.2.7.1 Power-frequency voltage tests

Subclause 6.2.7.1 of IEC 62271-1 is applicable.

6.2.7.2 Switching impulse voltage tests

Subclause 6.2.7.2 of IEC 62271-1 is applicable with the following addition:

The main circuits of the GIS shall be subjected to switching impulse voltage tests in dry conditions only.

Special test requirements shall be used for the phase-to-phase switching test for a three-phase design. They are defined in detail in Annex A.

6.2.7.3 Lightning impulse voltage tests

Subclause 6.2.7.3 of IEC 62271-1 is applicable.

6.2.8 Artificial pollution tests for outdoor insulators

Subclause 6.2.8 of IEC 62271-1 is not applicable.

6.2.9 Partial discharge tests

Partial discharge tests shall be performed and the measurement made in accordance with IEC 60270.

The test may be carried out on assemblies or sub-assemblies of the equipment used for all dielectric type tests.

NOTE Power-frequency voltage tests and partial discharge tests can be performed at the same time.

6.2.9.101 Test procedure

The applied power-frequency voltage is raised to a pre-stress value which is identical to the power-frequency withstand voltage test and maintained at that value for 1 min. Partial discharges occurring during this period shall be disregarded. Then, the voltage is decreased to a specific value defined in Table 6 depending on the configuration of equipment and system neutral.

The extinction voltage shall be recorded.

Table 6 – Test voltage for measuring PD intensity

	System with solidly earthed neutral		System without solidly earthed neutral	
	Pre-stress voltage $U_{pre-stress}$ (1 min)	Test voltage for PD measurement $U_{pd-test}$ (>1 min)	Pre-stress voltage $U_{pre-stress}$ (1 min)	Test voltage for PD measurement $U_{pd-test}$ (>1 min)
Single-phase enclosures design (phase-to-earth voltage)	$U_{pre-stress} = U_d$	$U_{pd-test} = 1,2 U_r / \sqrt{3}$	$U_{pre-stress} = U_d$	$U_{pd-test} = 1,2 U_r$
Three-phase enclosures design	$U_{pre-stress} = U_d$	$U_{pd-test, ph-ea} = 1,2 U_r / \sqrt{3}$ $U_{pd-test, ph-ph} = 1,2 U_r$	$U_{pre-stress} = U_d$	$U_{pd-test, ph-ea} = 1,2 U_r$
U_r :	rated voltage for equipment.			
U_d :	power-frequency withstand test voltage as per Table 2 and 3.			
$U_{pre-stress}$:	pre-stress voltage.			
$U_{pd-test}$:	test voltage for PD measurement.			
$U_{pd-test, ph-ea}$:	test voltage for PD measurement, phase-to-earth.			
$U_{pd-test, ph-ph}$:	test voltage for PD measurement, phase-to-phase.			

In addition, all components shall be tested in accordance with their relevant standards.

6.2.9.102 Maximum permissible partial discharge intensity

The maximum permissible partial discharge level shall not exceed 5 pC at the test voltage specified in Table 6.

The values stated above applies to individual components as well as to the sub-assemblies in which they are contained. However, some equipment, such as voltage transformers isolated with liquid, immersed or solid, have an acceptable level of partial discharge in accordance with their relevant standard greater than 5 pC. Any sub-assembly containing components with a permitted partial discharge intensity greater than 5 pC shall be considered acceptable if the discharge level does not exceed 10 pC. Components for which higher levels are accepted shall be tested individually and are not integrated to the sub-assembly during test.

6.2.10 Dielectric tests on auxiliary and control circuits

Subclause 6.2.10 of IEC 62271-1 is applicable.

6.2.11 Voltage test as condition check

Subclause 6.2.11 of IEC 62271-1 is applicable with the following addition:

The test voltage shall be 80 % of the value in Tables 2 and 3, columns (2) and (3).

In the case of three-phase enclosed designs, this test shall be performed across open switching devices, isolating distances, phase-to-earth and phase-to-phase.

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

Subclause 6.3 and 6.9.1 of IEC 62271-1 are applicable with the following addition:

This test applies only to bushings.

6.4 Measurement of the resistance of circuits

6.4.1 Main circuit

Subclause 6.4.1 of IEC 62271-1 is applicable with the following addition:

The resistance measurement applies to all GIS components before and after the temperature-rise tests and short-circuit tests.

The current used for the measurement shall be equal or greater than 100 A DC to obtain sufficient accuracy of the measurement.

6.4.2 Auxiliary circuits

Subclause 6.4.2 of IEC 62271-1 is applicable.

6.5 Temperature-rise tests

6.5.1 Conditions of the switchgear and controlgear to be tested

Subclause 6.5.1 of IEC 62271-1 is applicable.

6.5.2 Arrangement of the equipment

Subclause 6.5.2 of IEC 62271-1 is applicable with the following addition:

Except in the case when each phase is enclosed individually in a metallic enclosure, the tests shall be made with the rated number of phases and the rated normal current flowing from one end of the busbars to the terminals provided for the connection of cables.

When a single-phase test is permitted and carried out, the current in the enclosure shall be the rated current.

When testing individual sub-assemblies, the neighbouring sub-assemblies should carry the currents which produce the power loss corresponding to the rated conditions. It is admissible to simulate equivalent conditions by means of heaters or heat insulation, if the test cannot be made under actual conditions.

6.5.3 Measurement of the temperature and the temperature rise

Subclause 6.5.3 of IEC 62271-1 is applicable.

6.5.4 Ambient air temperature

Subclause 6.5.4 of IEC 62271-1 is applicable.

6.5.5 Temperature-rise test of the auxiliary and control equipment

Subclause 6.5.5 of IEC 62271-1 is applicable.

6.5.6 Interpretation of the temperature-rise tests

Subclause 6.5.6 of IEC 62271-1 is applicable with the following addition:

For outdoor application, the manufacturer shall demonstrate that the temperature rise of the equipment will not exceed the limit acceptable under the service condition chosen in Clause 2.

NOTE The effect of solar radiation should be taken into account.

6.6 Short-time withstand current and peak withstand current tests

Subclause 6.6 of IEC 62271-1 is applicable.

6.6.1 Arrangement of the switchgear and controlgear and of the test circuit

Subclause 6.6.1 of IEC 62271-1 is not applicable.

GIS with three-phase enclosures shall be subject to three-phase testing. GIS with single-phase enclosures shall be tested using single-phase with the full return current in the enclosure.

The tests shall be made on a representative assembly which should include all types of connections of bolted, welded, plug-in or otherwise jointed sections to verify the integrity of GIS components are joined together. Assemblies shall be tested such that specimens of all components and sub-assemblies of the design are subjected to the test. Tests shall be made using configurations that provide the most severe conditions.

6.6.2 Test current and duration

Subclause 6.6.2 of IEC 62271-1 is applicable.

6.6.3 Behaviour of switchgear and controlgear during test

Subclause 6.6.3 of IEC 62271-1 is applicable.

6.6.4 Conditions of switchgear and controlgear after test

Subclause 6.6.4 of IEC 62271-1 is applicable.

6.6.101 Tests on the main circuits

After the tests, the resistance measurement shall not vary more than 20 % with respect to its pre-test resistance measurement. Neither shall any deformation or damage to components or conductors within the enclosure which may impair good operation have been sustained.

Short connections to voltage transformers shall be considered as part of the main circuit, except for parts included in the voltage transformer compartment.

6.6.102 Tests on earthing circuits

The manufacturer shall demonstrate by tests or calculations the capability of earthing circuits to withstand the rated short-time and peak withstand current of the earthing system.

When verification tests are required by the user, earthing circuits of GIS which are factory assembled and comprise earthing conductors, earthing connections and earthing devices shall be tested as installed in the GIS with all associated components which may influence the performance or modify the short-circuit current.

After the test, no deformation or damage to the components or conductors within the enclosure which may impair good operation of the main circuit shall have been sustained. Some deformation and degradation of the earthing conductor, earthing connections or earthing devices is permissible, but the continuity of the earthing circuit shall be preserved.

6.7 Verification of the protection

Subclause 6.7 of IEC 62271-1 is applicable.

6.7.1 Verification of the IP coding

Subclause 6.7.1 of IEC 62271-1 is applicable.

6.7.2 Verification of the IK coding

Subclause 6.7.2 of IEC 62271-1 is applicable with the following addition:

Verification of IK coding is not applicable to pressurized GIS enclosures.

6.8 Tightness tests

Subclause 6.8 of IEC 62271-1 is applicable with the following addition:

The measurement of gas tightness shall be performed together with the tests of 6.102 and 6.106 with each type of compartment comprising characteristic sealings of GIS as a type test to show that the leakage rate complies with 5.15.101 and will not be changed by influences caused by the mechanical and limit temperature type tests.

6.8.1 Controlled pressure systems for gas

Subclause 6.8.1 of IEC 62271-1 is not applicable.

6.8.2 Closed pressure systems for gas

Subclause 6.8.2 of IEC 62271-1 is applicable.

6.8.3 Sealed pressure systems

Subclause 6.8.3 of IEC 62271-1 is applicable.

6.8.4 Liquid tightness tests

Subclause 6.8.4 of IEC 62271-1 is not applicable.

6.9 Electromagnetic compatibility tests (EMC)

Subclause 6.9 of IEC 62271-1 is applicable.

6.10 Additional tests on auxiliary and control circuits

Subclause 6.10 of IEC 62271-1 is applicable.

6.11 X-radiation test procedure for vacuum interrupters

Subclause 6.11 of IEC 62271-1 is applicable.

6.101 Verification of making and breaking capacities

Switching devices forming part of the main circuit of GIS shall be tested to verify their rated making and breaking capacities according to the relevant standards and under the proper conditions of installation and use, i.e. they shall be tested as normally installed in the GIS with all associated components, the arrangement of which may influence the performance, such as connections, supports, etc.

NOTE In determining which associated components are likely to influence the performance, special attention should be given to mechanical forces due to short-circuiting, to the possibility of disruptive discharges, etc. It is recognized that, in some cases, such influences may be quite negligible.

6.102 Mechanical and environmental tests

6.102.1 General

Switching devices of GIS shall be submitted to mechanical operation and environmental tests in accordance with their relevant standards, and shall be tested in a representative assembly of all associated components, which may influence the performance, including auxiliary devices. All equipment shall withstand the stresses caused by the operation of switching devices.

6.102.2 Mechanical operation test at ambient temperature

Before and after the mechanical operation tests, the measurement of gas tightness according to 6.8 shall be performed to show that the leakage rate is not changed by influences caused by the mechanical type tests.

In addition to Annex E of IEC 62271-102:2001, all switching devices fitted with interlocks shall be submitted to 50 operating cycles in order to check the operation of the associated interlocks. Before each operation the interlocks shall be set in the position intended to prevent the operation of the switching devices and one attempt shall then be made to operate each switching device. During these tests only normal operating forces shall be employed and no adjustment shall be made to the switching devices or interlocks.

6.102.3 Low- and high-temperature test

Operation tests at minimum and maximum temperature shall be performed in accordance with the relevant apparatus standards with the following additions:

After the test cycles, the following shall be noted:

- the pressure of the gases contained in the enclosure;
- the gas leakage over a period of 24 h.

6.103 Proof tests for enclosures

6.103.1 General

Proof tests are made when the strength of the enclosure or parts thereof is not calculated. They are performed on individual enclosures before the internal parts are added with testing conditions based on the design pressure stresses.

Proof tests may take the form of either a destructive or a non-destructive pressure test, as appropriate to the material employed. For further information, see in the Bibliography.

6.103.2 Destructive pressure test

The pressure rise shall not be greater than 400 kPa/min.

The pressure test requirements shall be at least as follows:

Cast aluminium and composite aluminium enclosures

- type test pressure = $[3,5 / 0,7] \times$ design pressure

NOTE The value 0,7 has been included to cover the possible variability of production castings. It is permitted to increase this factor to 1,0 if it can be justified by special material tests.

Welded aluminium and welded steel enclosures

- type test pressure = $[(2,3 / \nu) \times (\sigma_t / \sigma_a)] \times$ design pressure

where

ν is the welding coefficient (1 for ultrasonic or radiography inspection of 10 % of welded section and 0,75 for visual inspection);

σ_t is the permissible design stress at test temperature;

σ_a is the permissible design stress at design temperature.

These factors are based on the minimum certified properties of the material used.

Additional factors may be required taking into account the methods of construction.

Any enclosure remaining intact after these pressures have been reached shall not be used for normal operation.

6.103.3 Non-destructive pressure test

In the case of a non-destructive pressure test using a strain indication technique, the following procedure shall be applied:

Before the test, strain gauges capable of indicating strains to 5×10^{-5} mm/mm shall be affixed to the surface of the enclosure. The number of gauges, their position and their direction shall be chosen so that principal strains and stresses can be determined at all points of importance to the integrity of the enclosure.

Hydrostatic pressure shall be applied gradually in steps of approximately 10 % until the standard test pressure for the expected design pressure (see 7.101) is reached or significant yielding of any part of the enclosure occurs.

When either of these points is reached, the pressure shall not be increased further.

Strain readings shall be taken during the increase of pressure and repeated during unloading.

Indication of localized permanent set may be disregarded provided there is no evidence of general distortion of the enclosure.

If the curve of the strain/pressure relationship show a non-linearity, the pressure may be re-applied not more than five times until the loading and unloading curves corresponding to two successive cycles substantially coincide. If coincidence is not attained, the design pressure and the test pressure shall be taken from the pressure range corresponding to the linear portion of the curve obtained during the final unloading.

If the standard test pressure is reached within the linear portion of the strain/pressure relationship, the expected design pressure shall be considered to be confirmed.

If the final test pressure or the pressure range corresponding to the linear portion of the strain/pressure relationship (see above) is less than the standard test pressure, the design pressure shall be calculated from the following equation:

$$p = \frac{1}{1,1 k} \left(p_y \frac{\sigma_a}{\sigma_t} \right)$$

where

p is the design pressure;

p_y is the pressure at which significant yielding occurs or the pressure range corresponding to the linear portion of the strain/pressure relationship of the most highly strained part of the enclosure during final unloading (see above);

k is the standard test pressure factor (see 7.101);

σ_t is the permissible design stress at test temperature;

σ_a is the permissible design stress at design temperature.

6.104 Pressure test on partitions

The purpose of this test is to demonstrate the safety margin of the partition submitted to pressure in service condition.

The partitions shall be installed as for the maintenance condition. The pressure shall rise at a rate of not more than 400 kPa/min until rupture occurs.

The type test pressure shall be greater than three times the design pressure.

6.105 Test under conditions of arcing due to an internal fault

Evidence of performance according to 5.103.2 shall be demonstrated by the manufacturer when required by the user. Evidence can consist of a test or calculations based on test results performed on a similar arrangement or a combination of both.

If such a test is required, the procedure shall be in accordance with the methods described in Annex B.

The short-circuit current applied during the arcing should correspond to the rated short-time withstand current or, in some applications of the switchgear in isolated neutral systems, it may be the earth fault current occurring in such a system.

Two assessments are made. The first concerns the performance of the equipment during the operation of the first stage (main) protection and the second concerns the case when the fault is cleared by the operation of the second stage (back-up) protection.

In order to verify both assessments, the duration of the test shall be at least equal to the time delay of operation for the second stage of protection. The maximum time setting for the operation of the second stage is defined in Table 4. A shorter test duration can be used if it is not shorter than the operation of the second stage of protection defined by the user.

The switchgear shall be considered adequate if the performance criteria defined in Table 4 are met.

6.106 Insulator tests

6.106.1 General

Tests on insulators (partitions and support insulators) shall be performed as follows:

6.106.2 Thermal performance

The thermal performance of each insulator design shall be verified by subjecting five insulators to ten thermal cycles each. Temperature values should be chosen according to Table 1.

The thermal cycle shall be as follows:

- a) 4 h at minimum ambient air temperature (e.g. -40 °C);
- b) 2 h at room temperature;
- c) 4 h at limit of temperature according to Table 3 of IEC 62271-1 (e.g. $+105\text{ °C}$);
- d) 2 h at room temperature.

The given thermal cycle times are minimum times and shall be prolonged in case stable end temperatures are not reached.

After the test sequence, all insulators shall be tested in accordance with routine tests 7.1, 7.5 and 7.104.

6.106.3 Tightness test for partitions

An overpressure withstand test shall be performed as described:

The design pressure shall be applied on one side of the partition while the adjacent compartment is under vacuum to verify the tightness of a partition. The leakage rate in the compartment under vacuum is measured over a period of 24 h.

At the end of the test, no damage shall be observed on the partition. A gas tightness test shall be performed in accordance with 6.8. The leakage rate shall not be greater than the defined value prescribed in 5.15.

6.107 Corrosion test on earthing connections

6.107.1 General

For outdoor application, or on user's request, a corrosion proof test shall be performed in accordance with this subclause.

The tested sub-assemblies shall be representative of a GIS arrangement, including the devices providing electrical continuity and earthing of the enclosure, the accessories (pressure

monitoring device, pressure relief device) and the secondary system as described in 5.20 of IEC 62271-1.

Testing of one representative earthing connection is considered to be sufficient.

6.107.2 Test procedure

The tested sub-assembly shall be submitted to environmental testing Ka (salt mist) according to IEC 60068-2-11. The duration of the test is 168 h.

In addition, for painted surfaces, the resistance to humid atmospheres containing sulphur dioxide shall be tested according to ISO 3231.

6.107.3 Criteria to pass the test

The resistance of the earthing of the enclosure measured according to 6.4.1 shall not differ by more than 20 % before and after this test.

After the test, the dismantling of the assemblies shall not be affected. The degree of corrosion, if any, should be indicated in the test report. If the surfaces are painted, no trace of degradation shall be noticed.

6.108 Corrosion tests on enclosures

For information regarding service conditions and recommended test requirements refer to Annex H of IEC 62271-1.

7 Routine tests

Subclause 7 of IEC 62271-1 is applicable with the following addition:

For routine tests technical grade SF₆ in accordance with IEC 60376, or used SF₆ in accordance with IEC 60480, can be used. See 5.2.

The routine tests shall be performed on all components of a substation. Depending on the nature of tests, some tests may be performed on components, transport units or on the complete installation. The routine tests ensure that the product is in accordance with the equipment on which the type tests have been carried out.

The following routine tests shall be carried out:

	Subclause
a) Dielectric test on the main circuit	7.1
b) Tests on auxiliary and control circuits	7.2
c) Measurement of the resistance of the main circuit	7.3
d) Tightness test	7.4
e) Design and visual checks	7.5
f) Pressure tests of enclosures	7.101
g) Mechanical operation tests	7.102
h) Tests on auxiliary circuits, equipment and interlocks in the control mechanism	7.103
i) Pressure test on partitions	7.104

7.1 Dielectric test on the main circuit

Subclause 7.1 of IEC 62271-1 is applicable.

7.1.101 Power-frequency voltage tests on the main circuit

The power-frequency voltage test of GIS shall be performed according to the requirements in 6.2.6.1 or 6.2.7.1 to earth, between phases (if applicable) and across the open switching devices. The voltage test across the open switching device may be carried out at one side of the switching device. The withstand voltages for routine tests shall be those specified in column (2) of Tables 2 and 3.

The tests shall be performed at the minimum functional pressure for insulation.

7.1.102 Partial discharge measurement

The measurement of partial discharges shall be performed to detect possible material and manufacturing defects.

Partial discharge tests shall be performed in accordance with 6.2.9.

The measurement of partial discharges shall be performed with dielectric tests after mechanical routine tests.

The test shall be carried out on all components of a switchgear and controlgear. It may be performed on the complete switchgear and controlgear, if applicable, or on transport units or on individual components. Tests on simple components containing no solid insulation may be excepted.

7.2 Tests on auxiliary and control circuits

Subclause 7.2 of IEC 62271-1 is applicable.

7.3 Measurement of the resistance of the main circuit

Subclause 7.3 of IEC 62271-1 is applicable with the following addition:

Overall measurements are made on sub-assemblies or, on transport units in the factory. Overall measurements shall be made in such a way that comparison with measurement taken on site after installation, during maintenance or repair of the installation is possible.

7.4 Tightness test

Subclause 7.4 of IEC 62271-1 is applicable.

7.5 Design and visual checks

Subclause 7.5 of IEC 62271-1 is applicable.

7.101 Pressure tests of enclosures

Pressure tests shall be made on enclosures after complete machining.

The standard test pressure shall be k times the design pressure, where the factor k

- 1,3 for welded aluminium and welded steel enclosure
- 2 for cast aluminium and composite aluminium enclosures.

The test pressure shall be maintained for at least 1 min.

No rupture or permanent deformation should occur during this test.

7.102 Mechanical operation tests

Operation tests are made to ensure that the switching devices comply with the prescribed operating conditions and that the mechanical interlocks work properly.

Switching devices of GIS shall be submitted to a mechanical routine test in accordance with their relevant standards. The mechanical routine tests can be made before or after assembly of transport units.

In addition, all switching devices fitted with mechanical interlocks shall be submitted to five operating cycles in order to check the operation of the associated interlocks. Before each operation one attempt shall be made to operate each switching device as specified in 6.102.

NOTE Mechanical interlocks can be checked on site depending on the size of delivered transport components.

During these tests, which are performed without voltage on, or current in, the main circuits, it shall be verified in particular that the switching devices open and close correctly within the specified limits of the supply voltage and pressure of their operating devices.

7.103 Tests on auxiliary circuits, equipment and interlocks in the control mechanism

All auxiliary equipment shall be tested either by a functional operation or by verification of the continuity of wiring. Settings relays or sensors shall be checked.

The electrical, pneumatic and other interlocks, together with control devices having a predetermined sequence of operations, shall be tested five times in succession in the intended conditions of use and operation and with the most unfavourable limit values of auxiliary supply. During the test no adjustment shall be made.

The tests are considered to be satisfactory if the auxiliary devices have operated properly, if they are in good operating condition after the tests and if the force to operate the switching device is practically the same before and after the tests.

7.104 Pressure test on partitions

Each partition shall be subjected to a pressure test at twice the design pressure for 1 min.

For the pressure test the partition shall be secured in exactly the same manner as in service.

The partition shall not show any sign of overstress or leakage.

8 Guide to the selection of switchgear and controlgear

Annex E provides a summary of the considerations for specifying ratings of switchgear and controlgear.

NOTE CIGRE 125, which is listed in the bibliography, describes the general guideline for the selection of a gas-insulated switchgear.

8.1 Selection of rated values

Subclause 8.1 of IEC 62271-1 is applicable with the following addition:

The rated values should be chosen in Clause 4 of this standard.

8.2 Continuous or temporary overload due to changed service conditions

Subclause 8.2 of IEC 62271-1 is applicable.

9 Information to be given with enquiries, tenders and orders

Clause 9 of IEC 62271-1 is applicable with the following addition:

Annex E defines, in tabular format, technical information to be exchanged between user and supplier.

9.1 Information with enquiries and orders

Subclause 9.1 of IEC 62271-1 is applicable.

9.2 Information with tenders

Subclause 9.2 of IEC 62271-1 is applicable with the following addition:

- e) List of recommended tools that should be procured by the user

10 Transport, storage, installation, operation and maintenance

Clause 10 of IEC 62271-1 is applicable.

10.1 Conditions during transport, storage and installation

Subclause 10.1 of IEC 62271-1 is applicable.

10.2 Installation

Subclause 10.2 of IEC 62271-1 is applicable with the following addition:

Subclause 10.2.1 of IEC 62271-1 is not applicable.

10.2.101 Tests after installation on site

10.2.101.1 General

After installation, and before being put into service, the GIS shall be tested in order to check the correct operation and the dielectric integrity of the equipment.

These tests and verifications comprise	Subclause
a) dielectric tests on the main circuits	10.2.101.2
b) dielectric tests on auxiliary circuits	10.2.101.3
c) measurement of the resistance of the main circuit	10.2.101.4
d) gas tightness tests	10.2.101.5
e) checks and verifications	10.2.101.6
f) gas quality verifications	10.2.101.7

To ensure minimum disturbance, and to reduce the risk of moisture and dust entering enclosures and thus preventing correct operation of the switchgear, no obligatory periodic inspections or pressure tests concerning the enclosures are specified or recommended when the gas-insulated substation is in service. Reference shall be made, in any case, to the manufacturer's instruction book.

The manufacturer and user should agree on a commissioning test plan for tests on site.

10.2.101.2 Dielectric tests on the main circuits

10.2.101.2.1 General

Since it is especially important for GIS, the dielectric integrity shall be checked in order to eliminate fortuitous causes (wrong fastening, damage during handling, transportation, storage and installation, presence of foreign bodies, etc.) which might in the future give rise to an internal fault.

Because of their different purpose, these tests shall not replace the type tests or the routine tests carried out on the transport units and, as far as possible, in the factory. They are supplementary to the dielectric routine tests with the aim of checking the dielectric integrity of the completed installation and of detecting irregularities as mentioned above. Normally the dielectric test shall be made after the GIS has been fully installed and gas-filled at the rated filling density preferably at the end of all site tests, when newly installed. Such a dielectric test is also recommended to be performed after major dismantling for maintenance or reconditioning of compartments. These tests shall be distinguished by their progressive voltage increase, performed in order to achieve some form of electrical conditioning of the equipment before commissioning.

The execution of such site tests is not always practicable and deviations from the standard tests may be accepted. The aim of these tests is to offer a final check before energizing. It is very important that the chosen test procedure does not jeopardize sound parts of the GIS, see Clause C.3.

In choosing an appropriate test method for each individual case, a special agreement may be necessary in the interest of practicability and economy, e.g. the electrical power requirements and the dimensions and weight of the test equipment may need to be considered.

A detailed test programme for the dielectric tests on site shall be agreed between manufacturer and user.

10.2.101.2.2 Test procedure

The GIS shall be installed completely and gas-filled at its rated filling density.

Some parts may be disconnected for the test, either because of their high charging current or because of their effect on voltage limitation, such as

- high voltage cables and overhead line;
- power transformers and, occasionally, voltage transformers;
- surge arresters and protective spark gaps.

NOTE 1 In determining the parts which could be disconnected, attention is drawn to the fact that the reconnection may introduce faults after the tests are completed.

NOTE 2 Voltage transformers can remain connected for the test when saturation of the voltage transformer is prevented, e.g. by using voltage transformers which are designed for the test voltage or by performing the power frequency testing at a frequency, where saturation do not occur.

Every newly installed part of a GIS shall be subjected to a dielectric test on site.

In the case of extensions, in general, the adjacent existing part of the GIS shall be de-energized and earthed during the dielectric test, unless special measures are taken to prevent disruptive discharges in the extension affecting the energized part of the existing GIS.

Application of the test voltage may be necessary after repair or maintenance of major parts or after installation of extensions. The test voltage may then have to be applied to existing parts in order to test all sections involved. In those cases, the same procedure should be followed as for newly installed GIS.

10.2.101.2.3 Dielectric test procedures

One of the following test procedures shall be chosen:

a) Procedure A (recommended for 170 kV and below):

Power-frequency voltage test for a duration of 1 min at the value specified in Table 7, column (2).

b) Procedure B (recommended for 245 kV and above):

- Power-frequency voltage test for a duration of 1 min at the value specified in Table 7, column (2); and
- partial discharge measurements according to Table 6, however with $U_{\text{pre-stress}} = U_{\text{ds}}$ of Table 7, column (2).

In the few cases, where $U_{\text{pd-test}}$ is higher than $U_{\text{pre-stress}}$ the $U_{\text{pd-test}}$ shall be reduced to $U_{\text{pre-stress}}$.

A PD measurement at $U_r / \sqrt{3}$ is also recommended since this measurement may be helpful in determining the need for maintenance of the equipment after a period of service.

For practical application of PD measurements, see Annex C.

c) Procedure C (recommended for 245 kV and above, alternative to procedure B):

- Power-frequency voltage test for a duration of 1 min at the value specified in Table 7, column (2); and
- lightning impulse tests with three impulses of each polarity and with the value specified in Table 7, column (4).

10.2.101.2.4 Test voltages

Considering that

- transport units have normally been subjected to routine test,
- the probability of disruptive discharges is higher for the complete installation than for individual functional units,
- disruptive discharges in correctly installed equipment shall be avoided,

the test voltage for dielectric tests on site shall be as shown in Table 7.

Table 7 – On site test voltages

Rated voltage for equipment U_r kV (r.m.s. value)	On-site short-duration power-frequency withstand voltage U_{ds} kV (r.m.s. value)	On-site switching impulse withstand voltage U_{ss} kV (peak value)	On-site lightning impulse withstand voltage U_{ps} kV (peak value)
(1)	(2) (see Note 1)	(3)	(4)
72,5	120	-	260
100	165	-	360
123	200	-	440
145	235	-	520
170	270	-	600
245	380	-	840
300	380	680	840
362	425	760	940
420	515	840	1 140
550	560	940	1 240
800	760	1 140	1 680

NOTE 1 Values of column (2) are only applicable for SF₆ insulation or when SF₆ is a major part of the gas mixture. For other insulation refer to Tables 1 and 2 of IEC 62271-1, applying a factor 0,8 on column (2).

NOTE 2 The on-site test voltages have been calculated as follows:

$$U_{ds} \text{ (on-site test value)} = U_p \times 0,45 \times 0,8 \quad \text{(column (2))}$$

$$U_{ss} \text{ (on-site test value)} = U_s \times 0,8 \quad \text{(column (3))}$$

$$U_{ps} \text{ (on-site test value)} = U_p \times 0,8 \quad \text{(column (4))}$$

All values have been rounded up to the next higher modulus 5 kV.

NOTE 3 If other insulation levels than the preferred values of Tables 2 and 3 (e.g. the lower insulation levels of Tables 1 and 2 in IEC 62271-1) are specified, then the on-site test voltage should be calculated according to Note 2.

In certain circumstances, for technical or practical reasons, dielectric tests on site may be carried out with reduced voltage values. Details are given in C.3.

10.2.101.2.5 Voltage waveforms

For the choice of an appropriate voltage waveform, IEC 60060-1 should be taken into consideration; however, similar waveforms are also permissible. An ideal voltage waveform covering all requirements does not exist. Permissible deviations are indicated below. Information concerning the generation of test voltages is given in C.1.

a) Power-frequency voltage tests

Power-frequency voltage tests are especially sensitive in detecting contaminations (e.g. free moving conducting particles), and are, in most cases, also sufficient in detecting abnormal field configurations.

The existing experience refers to test frequencies from 10 Hz to 300 Hz.

b) Impulse voltage tests

1) Tests with lightning impulse voltages are especially sensitive in detecting abnormal field configurations (e.g. damaged electrodes).

Based on the existing experience, lightning impulse voltages with a front time extended up to 8 μs are acceptable. When using oscillating lightning impulse voltages, the front time may be extended to approximately 15 μs .

NOTE Reflections due to steep front waves in large installations should be taken into account.

- 2) Tests with switching impulse voltages can be used especially for higher U_r to detect the presence of contaminations as well as abnormal field configurations with relatively simple test equipment.

Based on existing experience, switching impulses with either aperiodic or oscillating waveforms and with a time to crest in the range of 150 μs to 10 ms are suitable.

c) DC voltage tests

A DC voltage test is not recommended. The existing test specifications for cables are not applicable to GIS (refer to 5.107.1).

10.2.101.2.6 Voltage application

The test voltage source may be connected to any convenient point of the phase conductor under test.

It is often convenient to divide the whole installation of GIS into sections by opening circuit-breakers and/or disconnectors for at least one of the following reasons:

- to limit the capacitive load on the test voltage source;
- to facilitate the location of disruptive discharges;
- to limit the discharged energy if a disruptive discharge occurs.

The sections which, in such cases, are not being tested, and which are isolated by a circuit-breaker or a disconnector from the section under test, shall be earthed. Unless dismantled after routine test, no dielectric test across the open switching devices need to be carried out on site.

For 3-phase enclosed GIS, the specified test voltage shall be applied between each phase conductor, one at a time, and the enclosure, the other phase conductors being connected to the earthed enclosure. The insulation between phase conductors shall not be subjected to any other separate dielectric test on site.

10.2.101.2.7 Assessment of the test

The switchgear shall be considered to have passed the test if each section has withstood the specified test voltage without any disruptive discharge.

In the event of a disruptive discharge occurring during dielectric tests on site, the tests shall be repeated.

Guidelines on repetition tests are given in C.6.

If Procedure B is used and if the partial discharges are measured with the conventional method according to IEC 60270, the maximum permissible intensity of partial discharge shall be 10 pC.

NOTE 1 It can be difficult to have noise level below 5 pC on-site. Special care with the test circuit is needed to achieve a good measurement. If the noise level is higher than 5 pC, the test is still valid for detecting major defects but not suitable for detection of fixed conducting particles since this kind of defect will cause a very low level of partial discharges and they will be completely masked by the noise. In such circumstances, the test is acceptable if no discharges are detected above the noise level.

NOTE 2 If VHF/UHF or acoustic partial discharge measuring methods are used, a calibration is not possible. Instead, a sensitivity check according to C.7.5 can be performed.

10.2.101.3 Dielectric tests on auxiliary circuits

Subclause 7.2 of IEC 62271-1 is applicable with the following addition:

Dielectric tests should be carried out on new wiring. If wiring has to be taken off or if electronic devices are in circuits, these circuits shall not be tested.

10.2.101.4 Measurement of the resistance of the main circuit

Overall measurements shall be made on the complete installation, under conditions as similar as possible to those of the routine test on transport units.

The resistance measured shall not exceed the maximum values permitted for the routine tests on transport units (see 7.3), taking into account the differences of the two test arrangements (number of devices, contacts and connections, length of conductors, etc.).

10.2.101.5 Gas tightness tests

Subclause 7.4 of IEC 62271-1 is also applicable for on-site gas tightness tests.

A qualitative gas tightness test shall be carried out on all field assembled connections. A leakage detector may be used.

10.2.101.6 Checks and verifications

The following shall be verified:

- a) conformity of the assembly with the manufacturer's drawings and instructions;
- b) sealing of all pipe junctions, and the tightness of bolts and connections;
- c) conformity of the wiring with the diagrams;
- d) proper function of the electrical, pneumatic and other interlocks;
- e) proper function of the control, measuring, protective and regulating equipment including heating and lighting.

The mechanical operation checks and tests shall be carried out according to the relevant standards. If verification is not specified, the manufacturer shall specify them in the commissioning test plan.

10.2.101.7 Gas quality verifications

In order to get a reliable measurement, the moisture content shall be checked at least 5 days after final filling of gas. For SF₆ the moisture content shall not exceed the limit defined in 5.2 of IEC 62271-1.

For checking the condition of the gas during service, reference is made to IEC 60480.

For handling precautions, reference is made to IEC/TR 62271-303.

NOTE Care should be taken to minimize the release of gas into the atmosphere during sampling and/or checking operations (e.g. by providing a collecting bag or receiver installed on the outlet valve of the checking device when determining moisture content).

10.3 Operation

Subclause 10.3 of IEC 62271-1 is applicable.

10.4 Maintenance

Subclause 10.4 of IEC 62271-1 is applicable.

11 Safety

Clause 11 of IEC 62271-1 is applicable with the following addition:

NOTE Working on gas compartments with adjacent compartments under full pressure may require safety measures for workers according to local regulations.

12 Influence of the product on the environment

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

Handling losses during installation, on-site tests and maintenance shall be recorded.

Each refilling shall be recorded with indication of additional SF₆ mass filled in the compartment.

Annex A (normative)

Test procedure for dielectric test on three-phase encapsulated GIS, range II

A.1 Dielectric procedures for three phases in one GIS enclosure

If the requirements for phase-to-earth and phase-to-phase insulation levels are different, the test requirements following IEC 62271-1 shall be reconsidered. This is applicable only for switching impulse tests of range II.

A.2 Application of test requirements

In order to fully cover the tests to be carried out, Table A.1 lists the test conditions in relation to the enclosure, open switching device and phase-to-phase. The table symbols are the same as in IEC 62271-1 (Figure 3).

The preferred method is the use of combined voltage test. The voltage levels required may be delivered by two sources in phase opposition connected to the same voltage controller.

Table A.1 – Switching impulse test conditions above 245 kV

Test condition	Connecting device	Switching impulse	Alternating voltage at power-frequency	Earth connected to
Phase-to-phase test		Main part of U_s between phases (Table 3, column (5)) applied to	Complementary part to obtain U_s between phases (Table 3, column (5)) applied to	
1	Closed	Aa	BbCc	F
2	Closed	Bb	AaCc	F
3	Closed	Cc	AaBb	F
4	Open	A	BC	abcF
5	Open	B	AC	abcF
6	Open	C	AB	abcF
7	Open	a	bc	ABCF
8	Open	b	ac	ABCF
9	Open	c	ab	ABCF

NOTE Test conditions 3, 6 and 9 may be omitted if the arrangement of the outer phases is symmetrical with respect to centre phase and the enclosure.

For switching functions and disconnecting functions, respective values have to be taken in Table 3 for open conditions.

Annex B (normative)

Methods for testing gas-insulated metal-enclosed switchgear under conditions of arcing due to an internal fault

B.1 General

The occurrence of an arc inside GIS due to an internal fault is accompanied by various physical phenomena.

For example, the energy resulting from an arc developing in the enclosure will cause internal overpressure and local overheating, which will result in mechanical and thermal stressing of the switchgear. Moreover, the materials involved may produce hot decomposition products which may be discharged into the atmosphere.

This annex takes into account the internal overpressure acting on the enclosure and the thermal effects of the arc or its root on the enclosure. It does not cover all the effects which may constitute a risk, such as toxic gases.

B.2 Short-circuit current arcing test

B.2.1 Test arrangements

When choosing the object to be tested, reference shall be made to the design documents for the GIS. The compartments which appear to have the least likelihood of withstanding the pressure and temperature rise in the event of arcing shall be selected.

In any case, the following points shall be observed:

- a) each test may be carried out on a test object not previously subjected to arcing tests. Test objects that have already undergone arcing tests shall be restored so that the conditions for further arcing tests are neither aggravated nor eased;
- b) the test object shall be fully equipped and arranged to include any protection device, such as pressure reliefs, short-circuiting devices, etc. provided by the manufacturer for the limitation of the effects of the arc.
“Mock-ups” are permitted provided they have the same volume and external material and would react in the same way as the original parts with respect to withstanding arcing;
- c) the test object shall be filled with normal insulating gas at rated filling density.

B.2.2 Current and voltage applied

B.2.2.1 General

Single-phase enclosures shall be tested single-phase, and three-phase enclosures shall be tested three-phase.

B.2.2.2 Voltage

The test can be made with an applied voltage lower than the rated voltage for equipment of the test object if the following conditions are met:

- a) the arc current shall be practically sinusoidal;
- b) the arc shall not extinguish prematurely.

B.2.2.3 Current

a) AC component

The AC component at the beginning of the test shall lie within a $+10_0$ % tolerance. Within the duration of the first stage protection, the tolerance shall be ± 10 % and within the duration of the second stage protection the current shall not fall below 80 % of the specified value, provided that the average AC component is not less than the stated short-circuit current.

NOTE If the test plant does not permit this, the test duration may be extended by not more than 20 % with an appropriate adjustment to the times at which assessments are made.

b) DC component

The instant of short-circuit making shall be chosen to ensure that the first loop of the arc-current has a peak value of at least 1,7 times the r.m.s. value of the stated short-circuit current AC component. For three-phase tests, this applies to the current in at least one phase.

B.2.2.4 Frequency

For rated frequencies of 50 Hz or 60 Hz, the frequency at the beginning of the test shall lie within the limits of 48 Hz and 62 Hz.

B.2.2.5 Duration of the test

The current duration shall be such as to cover the second stage protection chosen on the basis of the expected duration as determined by the protection devices. See Table 4.

B.2.3 Test procedure

B.2.3.1 Test connections

The point of current infeed to be chosen is the one likely to result in the most onerous condition.

Care shall be taken to ensure that the connections do not ease the test conditions. Generally, the enclosure is earthed on the same side of the test object into which the current is fed.

B.2.3.2 Arc initiation

The arc shall be initiated by means of a metal wire of suitable diameter.

The point of initiation to be chosen is where the arc is likely to set up the rated stresses in the test object. Generally, this will be achieved when the arc is initiated in the vicinity of a partition furthest from the point of infeed and furthest from the pressure relief device, if fitted.

NOTE The arc should not be initiated by perforating the solid insulation.

B.2.3.3 Measurement and recording of the test performance

The following parameters shall be plotted and recorded

- the current and its duration
- the arc voltage;
- the pressure on one or more points of the test object and in each compartment, if the test object comprises more than one;

and, when applicable

- the instant of pressure relief (either by operation of the pressure relief device or perforation of the enclosure).

Phenomena such as pressure relief, enclosure perforation and external effects shall be observed and recorded by appropriate means, e.g. cameras, luminosity detectors.

B.2.4 Assessment of the test

The switchgear is considered adequate if, during the test, no external effect other than the operation of suitable pressure relief devices occurs within the times specified in 5.102.2 and if gases or vapours escaping under pressure are directed so as to minimize the danger to an operator performing his normal operating duties.

No fragmentation of the enclosure shall result from a fault cleared within the stage 2 protection according to Table 4.

B.2.5 Test report

The following information shall be given in the test report:

- rating and description of the test object, the materials of the enclosure and the conductors, together with a drawing showing the main dimensions and the arrangement of pressure relief devices;
- arrangement of the test connections, the point of initiation of the arc and the position of the transducers for pressure measurements;
- currents, voltages, energies, pressures and times derived from the oscillograms;
- precise description of the test results and observations;
- other relevant remarks;
- photographs of the conditions before and after the test.

B.2.6 Extension of the test results

The test results may be extended to other enclosures of similar design but of different size and shape and/or to other test parameters by calculations.

B.3 Composite verification by calculation and separate tests

The manufacturer is responsible for demonstrating the validity of extrapolation of test results for other currents and other sizes of enclosures. The manufacturer shall provide all necessary information with the calculation.

Annex C (informative)

Technical and practical considerations of site testing

C.1 Test voltage generators

Load capacitances of GIS installations are relatively high. This means that:

- power frequency voltage tests, especially at higher U_r , require a high reactive power,
- impulse testing with standardized double exponential waveforms may be inefficient due to the poor voltage utilization of the impulse generator.

The following voltage-generating equipment may be used:

a) power frequency voltage sources

The power frequency voltage may be produced by:

- test sets with a test transformer,
- test sets with a variable resonant reactor for constant frequency,
- test sets with a constant resonant reactor for variable frequency,
- energizing power or voltage transformers from the low-voltage side which entails no dismantling after testing.

NOTE The thermal stresses of the voltage source should be taken into account especially when using voltage transformers

b) impulse voltage sources

For large installations and especially for high voltages for equipment, impulse generators for double exponential waves are unwieldy. Oscillating impulses may be produced with an impulse generator and a high-voltage coil connected to the switchgear to be tested to form a damped series resonant circuit. Oscillating switching impulses may be produced by discharging a capacitor into the low-voltage side of a power, voltage or test transformer.

C.2 Locating discharges

There are different phenomena caused by discharges which may be helpful in locating them. Some of the possible means which may be tried are as follows:

- detection of light emission;
- measurement of audible noise and vibrations;
- recording and evaluation of electromagnetic transients following discharge;
- detection of decomposition products of the gas.

C.3 Special test procedures

C.3.1 General

In general, it is recommended that all testing should be performed at the specified test voltage and rated filling density. However, in certain circumstances special test procedures have been established which are not in general use but are worth mentioning for technical and/or practical reasons.

For extensions (5.107.4) the user shall be responsible for any flashovers in the existing GIS and the manufacturer of the extension equipment shall be responsible for any flashovers in the extension equipment.

C.3.2 Testing at reduced voltage

C.3.2.1 Simplified method for units transported without dismantling

In accordance with the practice in some countries, gas-insulated metal-enclosed switchgear, or at least one bay or an equivalent part of the GIS installation, may be assembled completely at the factory and tested there at its full rated withstand voltages. If the tested units are transported without dismantling or if dismantling is limited to very simple connections, and subject to agreement between manufacturer and user, the site test may be reduced to the following:

AC voltage test with $1,1 \times U_r / \sqrt{3}$ for earthed neutral systems or $1,9 \times U_r / \sqrt{3}$ for isolated neutral or resonant earthed systems; with a 10 min voltage application.

C.3.2.2 Deviations due to practical needs

In certain circumstances due to technical or practical reasons, an AC voltage test may be performed at reduced voltage for an extended duration. Additionally partial discharge detection may be applied in accordance with C.7. The procedure is subject to agreement between the manufacturer and the user.

C.3.2.3 Application of service voltage

In some cases, it is impracticable to perform a dielectric test on site. In such a case, special care should be taken for shipment, transportation and storage and particular attention should be given to the workmanship on site. The GIS to be tested should be energized by the service voltage through the largest possible impedance in order to reduce damage caused by a possible disruptive discharge. The test period should be at least 30 min.

C.3.3 Testing at reduced gas density

Tests with reduced gas density are not generally advisable.

C.4 Partial discharge measurements

Partial discharge measurements may be helpful in detecting certain kinds of faults during site tests and in determining the need for maintenance of the equipment after a period in service. They are therefore a useful complement to dielectric tests on site but are often difficult to perform because of ambient disturbances.

If such a test is possible and agreed upon, then the requirements given in 10.2.101.2.7 should be applied as far as possible.

If VHF/UHF partial discharge measuring methods are specified by the user, internal PD sensors are recommended.

C.5 Electrical conditioning

The term “electrical conditioning” means a progressive application of an AC voltage either by steps or continuously. It may be performed by the manufacturer as part of the gas-filling process on site in order to move possible particles towards areas with a low field strength, where they become harmless.

Electrical conditioning is not a requirement and does not replace the AC voltage test, unless the test voltage is increased up to the specified value. Nevertheless, a disruptive discharge should be reported to the user as it may result in a weakening of the insulation.

C.6 Repetition tests

C.6.1 General

The procedure to be implemented following a disruptive discharge during dielectric tests on site may depend on several factors which include:

- the type of disruptive discharge (breakdown in self-restoring or non-self-restoring insulation) if it can be identified (see C.2);
- magnitude of the arc energy dissipated during the discharge;
- shape and material of the solid insulation;
- strategic importance of the installation.

Consideration of these and any other relevant factors should allow a procedure to be established and agreed between the manufacturer and user. A recommended procedure is given below but should be treated only as a guide. Variations may be acceptable, depending on the significance of the factors involved.

C.6.2 Recommended procedure

C.6.2.1 Procedure a)

If the disruptive discharge occurs along the surface of a solid insulation it is recommended that wherever practicable the compartment should be opened and the insulation carefully inspected for impairments. After taking any necessary remedial action, the compartment should then be subjected to the specified dielectric test once more.

C.6.2.2 Procedure b)

A disruptive discharge in the gas may be due to contamination or a surface imperfection which may be burned away during the discharge. It may be acceptable, therefore, that the test may be repeated at the specified test voltage. Another test voltage may be agreed between manufacturer and user before the site tests have been started.

NOTE 1 It is assumed that the manufacturer can satisfy the user that the gaseous insulation may be regarded as self-restoring for the arc energy dissipated in the discharge.

NOTE 2 In the event of a disruptive discharge occurring during dielectric tests on site, secondary discharges can occur in other parts of the test section.

If the repetition test fails, again Procedure a) should be followed.

C.7 Partial discharge detection method

C.7.1 General

For partial discharge detection on-site, the electrical VHF/UHF and the acoustic method can be used in GIS in addition to the conventional method, according to IEC 60270. These two methods are less sensitive to noise than the conventional measurement and can also be used for partial discharge monitoring in service. However, for these new methods the sensitivity depends on the distance between the defect (signal source) and the sensor. Suitable procedures for using the VHF/UHF and acoustic method are available. They ensure that defects causing an apparent charge of around a few pC can be found by such equipment. The proposed sensitivity verification can be easily performed on-site. The advantage of the two additional methods is that the location of the defects can be detected. The methods and the

interpretation of the results can only be used by experienced personnel. The methods are still under investigation and are not yet standardized.

C.7.2 Conventional method according to IEC 60270

Electromagnetic interference from radio transmitters and other sources is picked up by open-air bushings and lead to a PD measurement sensitivity of some tens of pC. For noise rejection, analogue and digital filtering methods are available. Nevertheless, the use of such filtering tools requires trained personnel and is a limitation in this procedure. In actual site conditions, a noise level below 5 pC is hard to achieve. Therefore a totally encapsulated test circuit with a shielded coupling capacitor directly connected to the GIS is preferable. In such a case, a sensitivity below 5 pC is achievable for GIS with cable terminations and for GIS sections which are separated by an open disconnecter from open-air bushings.

C.7.3 VHF/UHF method

The discharge currents at the defects of GIS have rise times that can be less than 100 ps. These defects cause electromagnetic transients with frequency content to above 2 GHz. The resulting signals propagate within a GIS with the speed of light as TEM-, TE- and TM-waves. Reflections occur at the numerous discontinuities in the arrangement. Due to the finite conductivity of the metallic conductors and losses at the dielectric surfaces, the propagating signals are damped. The result is a complex resonance pattern of electromagnetic waves within each compartment.

The partial discharge signals in the VHF/UHF range (e.g. 100 MHz – 2 GHz) can be detected in the time domain or the frequency domain by means of couplers, which are usually of similar design to capacitive couplers. As consequence of VHF/UHF signal attenuation, many couplers have to be installed in a GIS. The maximum distance between two adjacent couplers is approximately some tens of metres. The VHF/UHF signal is best taken from internal couplers, but when these are not available it is sometimes possible to use external couplers on windows or spacers.

Due to the complexity of the resonance patterns, the magnitude of the detected PD signal depends strongly on the location and, to a minor degree, on the orientation of the defect and the coupler. The VHF/UHF method can therefore not be calibrated as in, for example, the measuring circuit of IEC 60270. Instead, the sensitivity check in C.7.5 can be performed.

The signal-to-noise-ratio and therefore the sensitivity of the VHF/UHF measuring device can be improved by using suitable couplers, amplifiers and filters. The VHF/UHF method has proved to be at least as sensitive in detecting defects as the conventional method, and this is mainly due to the low external noise level. Tests in laboratories and on-site have shown that small critical defects and even non-critical defects may be detected.

An accurate location of the defect may be obtained by using a broadband oscilloscope to measure the time interval between the signals arriving at adjacent couplers.

C.7.4 Acoustic method

Acoustic signals (mechanical waves) are emitted from defects in a GIS mainly in two primary mechanisms: moving particles excite a mechanical wave in the enclosure when they impinge on it, whereas discharges from fixed defects create a pressure wave in the gas, which is then transferred to the enclosure. The resulting signal will depend on the source and on the propagating path. As the enclosures normally are made of aluminium or steel, the damping of the signals is quite small. However, there is a loss of energy when the signals are transmitted from one part to another across a flange. Acoustic signals can be picked up by means of externally mounted sensors. Normally, either accelerometers or acoustic emission sensors are used and the test procedure consists of measuring between all flanges.

The location of a defect can be found by searching for the acoustic signal with the highest amplitude or by time travel measurements with two sensors. Separation between different kinds of defects is possible by analysing the shape of the acoustic signal.

The signal from a bouncing particle is broadband (i.e. >1 MHz) and has a high amplitude compared with signals emitted from pre-discharges at fixed defects. The particle type signal will be spatially attenuated as it moves away from the source point. In general, two parameters of the acoustic signal are important for this type of defect: amplitude and flight time (this being the time between two consecutive impacts of the particle). These parameters are essential not only for recognition of defect type but also for risk assessment.

PredischARGE type signals from protrusions will be very wideband close to the source, but because the gas acts as a low pass filter, the high frequencies are attenuated as the signal propagates away from the source towards the enclosure. Normally, detected signals from predischARGE sources are limited to the frequency range below 100 kHz. The signal level is found to be fairly constant within the same sections, and to drop some 8 dB once a flange is crossed.

Bouncing particles producing apparent discharges in the 5 pC range can be detected with a high signal-to-noise ratio. The detection limit for corona discharges is in the 2 pC range. Sensitivity decreases with distance because the acoustic signals are absorbed and attenuated as they propagate in the GIS. However, no direct correspondence between apparent PD-level and acoustic signal level has been established. Acoustic measurement is immune to electromagnetic noise in the substation. The acoustic sensitivity to bouncing particles is usually much higher than the sensitivity of any other diagnostic method, when the sensor is placed close to the defect. The acoustic method is therefore good for detecting the location of such defects.

C.7.5 Sensitivity verification of acoustic and UHF method

For the acoustic and the UHF method, the same technical principle is applied for the sensitivity verification of partial discharge detection. First, an artificial acoustic or electrical pulse is determined which emits a signal similar to that from a real defect that causes a defined level of apparent charge (e.g. 5 pC or more) according to IEC 60270. Secondly, this artificial pulse is injected during the commissioning test or operating conditions into the GIS in order to verify the detection sensitivity for the GIS and the associated measuring equipment. If the stimulated signal can be measured at the adjacent sensor, the sensitivity verification has been successful for the GIS section between these sensors. See Bibliography.

Annex D (informative)

Calculation of pressure rise due to an internal fault

The pressure rise in a closed compartment filled with SF₆ due to an internal fault can be calculated according to (D.1):

$$\Delta p = C_{\text{equipment}} \times \frac{I_{\text{arc}} \times t_{\text{arc}}}{V_{\text{compartment}}} \quad (\text{D.1})$$

where

- Δp is the pressure rise (MPa);
- I_{arc} is the fault arc current (kA_{r.m.s.});
- $V_{\text{compartment}}$ is the volume of the compartment (l);
- t_{arc} is the arc duration (ms);
- $C_{\text{equipment}}$ is the equipment factor.

The value of the equipment factor $C_{\text{equipment}}$ shall be demonstrated by the manufacturer by tests on similar equipment.

Formula (D.1) can be used to verify that the pressure will not exceed the type test pressure of the enclosures in case of an internal fault in a gas compartment without a pressure relief device. This is verified if the maximum arc current and arc duration (based on the performance of the protective system) does not cause a pressure rise which exceeds the type test pressure of the enclosures.

Annex E (informative)

Information to be given with enquiries, tenders and orders

E.1 General

This annex defines, in tabular format, the technical information to be exchanged between user and supplier.

NOTE Reference to “supplier information” means that only the supplier needs to provide this information.

E.2 Normal and special service conditions

See Clause 2.

Table E.1 – Normal and special service conditions

		User requirements (see Table 1)	Supplier proposals
Service condition	Indoor or outdoor		
Ambient air temperature:			
Minimum	°C		
Maximum	°C		
Solar radiation	W/m ²		
Altitude	m		
Pollution	Class		
Ice coating	mm		
Wind	m/s		
Humidity	%		
Condensation or precipitation			
Vibration	Class		
Induced electromagnetic disturbance in secondary system	kV		

E.3 Ratings

See Clause 4.

Table E.2 – Ratings

		User requirements	Supplier proposals
Nominal voltage of system	kV		
Rated voltage for equipment (U_r)	kV		
Rated insulation levels phase-to-earth and between phases			
Rated short-duration power-frequency withstand voltage (U_d)	kV		
Rated switching impulse withstand voltage (U_s)			
Phase-to-earth	kV		
Between phases	kV		
Rated lightning impulse withstand voltage (U_p)	kV		
	kV		
Rated frequency (f_r)	Hz		
Rated normal current (I_r)	A	According single line	
Rated short-time withstand current (I_k)	kA		
Rated peak withstand current (I_p)	kA		
Rated duration of short-circuit (t_k)	s		
Rated supply voltage of closing and opening devices and of auxiliary and control circuits (U_a)	V		
Rated supply frequency of closing and opening devices and of auxiliary circuits	Hz	DC or 50 Hz or 60 Hz	
Neutral earthing		Solidly or not solidly	

E.4 Design and construction

See Clause 5.

Table E.3 – Design and construction

		User requirements	Supplier proposals
Number of phases			
Single- or three-phase design			
Maximum SF ₆ leakage rate	% / year		
Rated filling pressures p_{re} / p_{rm}			
Circuit-breaker	MPa	Supplier information	
Other compartments	MPa	Supplier information	
Alarm pressures p_{ae} / p_{am}			
Circuit-breaker	MPa	Supplier information	
Other compartments	MPa	Supplier information	
Minimum functional pressures p_{me} / p_{mm}			
Circuit-breaker	MPa	Supplier information	
Other compartments	MPa	Supplier information	
Design pressure of enclosures			
Circuit-breaker	MPa	Supplier information	
Other compartments	MPa	Supplier information	
Type test pressure of enclosures			
Circuit-breaker	MPa	Supplier information	
Other compartments	MPa	Supplier information	
Routine test pressure of enclosures			
Circuit-breaker	MPa	Supplier information	
Other compartments	MPa	Supplier information	
Operating pressure of pressure relief device			
Circuit-breaker	MPa	Supplier information	
Other compartments	MPa	Supplier information	
Internal fault			
Short-circuit current	kA		
Duration of current (as per Table 4)	s		
Quantity of SF ₆ gas of complete GIS at filling pressure	kg	Supplier information	
Quantity of SF ₆ gas of the largest compartment at filling pressure	kg	Supplier information	
Maximum permissible gas dew point	°C	Supplier Information	
Recommendation for dew point measurement and adequate correction			
Number of gas compartments		Supplier information	
Length of longest section for transportation	m		
Weight of the heaviest piece of equipment to be handled during installation on-site	kg		
Noise			

E.5 Bus ducts

Table E.4 – Bus ducts

		User requirements	Supplier proposals
Inductance	H/m	Supplier information	
Capacitance	pF/m	Supplier information	
Resistance of enclosure at f_r	Ω/m	Supplier information	
Resistance of conductor at f_r	Ω/m	Supplier information	
Surge impedance	Ω	Supplier information	

E.6 Circuit-breaker

Clause 9 of IEC 62271-100:2008 is applicable.

E.7 Disconnecter and earthing switch

Clause 9 of IEC 62271-102:2001 is applicable.

E.8 Bushing

Clause 6 of IEC 60137:2008 is applicable with the following additions:

Table E.5 – Bushing

Outdoor-immersed bushing (see 3.19 of IEC 60137:2008)		User requirements	Supplier proposals
Type of internal insulation		Gas-insulated or resin-impregnated paper	
Type of external insulation		Porcelain or composite	
Nominal specific creepage distance	mm/kV		
Shed profile		Normal or alternating	
Rated short-duration, power-frequency withstand voltage (U_d)	kV	As GIS or special	
Rated switching impulse withstand voltage (U_s)	kV	As GIS or special	
Rated lightning impulse withstand voltage (U_p)	kV	As GIS or special	
Cantilever test load	N		
Cantilever operation load	N		
Type of line termination		According drawing	

E.9 Cable connection

Clause 9 of IEC 62271-209:2007 is applicable with the following additions:

Table E.6 – Cable connection

		User requirements	Supplier proposals
Type of cable		Fluid-filled or dry type	

E.10 Transformer connection

Clause 9 of IEC/TR 61639:1996 is applicable with the following additions:

Table E.7 – Transformer connection

		User requirements	Supplier proposals
Insulated junction between transformer tank and GIS enclosure		Yes or no	

E.11 Current transformer

Clause 11 of IEC 60044-1:1996 is applicable with the following additions:

Table E.8 – Current transformer

		User requirements	Supplier proposals
Position of current transformer		According single line	
Number and type of cores		According single line	

E.12 Inductive voltage transformer

Clause 11 of IEC 60044-2:1997 is applicable with the following additions:

Table E.9 – Inductive voltage transformer

		User requirements	Supplier proposals
Position of voltage transformer		According single line	
Number and type of secondary windings		According single line	
On-site test voltage	kV/Hz	Supplier information	

E.13 Documentation for enquiries and tenders

Table E.10 – Documentation for enquiries and tenders

		User requirements	Supplier proposals
Single line diagram			
Requirements for service continuity during maintenance, repair, extension and on-site testing			
General arrangement drawings of substation layout			
Foundation loading		Supplier information	
Gas schematic diagrams		Supplier information	
List of type test reports		Supplier information	
List of recommended spare parts		Supplier information	
GIS interface drawings (in case of later extension)			

Annex F (informative)

Service continuity

F.1 General

This annex gives information concerning GIS service continuity or availability in relation to substation design. The system requirements for service continuity are fulfilled not only by choice of single line diagram but also by sequence of feeders and physical arrangement of components. The loss of substation (complete or partially) due to maintenance, repair after failure or extension should be the prime concern. The availability of a substation needs to take into account the reliability and performance of assets and the frequency and duration of outages.

In the case of GIS, the way in which the equipment is divided into gas compartments is an additional factor that affects the service continuity.

This annex proposes service continuity requirements, considering the particularity of a GIS substation design and how the availability of this substation is strategic for the network. This is illustrated by a case study with a double busbar system used as example. A summary of the study is provided in Table F.1.

Some arrangements allow the availability of the substation to be increased by reducing the time between fault occurrence and repair or by reducing the parts of the substation out of service during repair.

The selected design should achieve an appropriate balance between equipment cost and the criticality of the substation in the user's network.

Maintenance policy considerations are not discussed in the annex, even though availability of spare parts and skilled staff also have an effect on the substation availability.

F.2 Service continuity requirement

The single-line diagram reflects the necessary functions and rating needed for the system planning network. Since the single-line diagram has a major influence on GIS design, the aspects of maintenance, repair or extension and their impact on service continuity can be considered during the process of single-line diagram optimization.

Depending on the specific purpose of the new substation (generation, transmission or power delivery) and its strategic location in the network, the impact of outage can be different. For this reason, in addition to basic information that user and manufacturer should exchange during tenders (see Clause 9), the user may provide service continuity requirements during maintenance, repair or extension. Type of availability might be specific and different for each part of a substation. As an example, a non-restricted list of availability requirement is given below:

- A) No outage permitted: This is normally only applicable for minor maintenance like visual inspections.
- B) Loss of operational flexibility permitted: This means loss of busbar, loss of busbar separation or bus coupler without loss of a feeder.
- C) Loss of feeders permitted: This means loss of one or more feeders.

- D) Loss of complete substation: This means that network is such that load supply or power transit can be achieved temporarily without this substation.

Acceptable duration for the loss of flexibility, feeder or substation should be specified.

An example of service continuity requirement is given with the case study.

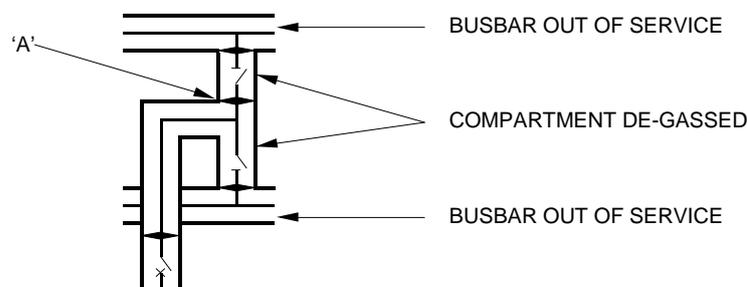
NOTE A feeder is a connection between the GIS and the network, such as overhead lines, cables, transformers, reactors, capacitor banks, etc.

F.3 Impact of partitioning on service continuity

For GIS and a given switching arrangement, the way in which the equipment is divided into gas compartments affect the service continuity. It is clear that, in order to de-gas a compartment, that compartment with all its components shall be isolated from the system. Occasionally, work such as a fault repair might require the removal of a gas compartment partition and more than one compartment must be de-gassed. Furthermore, in some cases, it may be prohibited to work adjacent to a gas compartment partition while it is pressurised on the other side. In such cases, the gas pressure in the adjacent compartments must be reduced or other safety measures must be taken. Wherever a gas compartment containing a disconnecter is reduced in pressure, isolation must be provided by disconnectors or other devices having isolating distance withstand level elsewhere in the substation.

Examples of how partitioning of GIS may affect service continuity are given below.

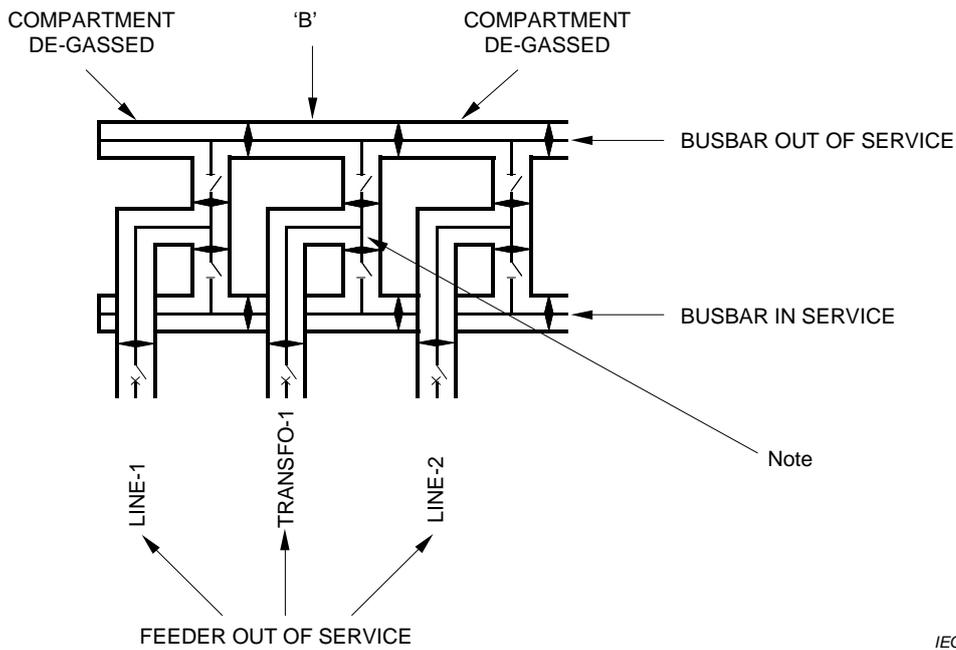
In some arrangements the two busbar-disconnectors are separated by only one partition. In Figure F.1, the removal of the gas compartment partition at 'A' may require both busbars of a double busbar substation to be de-energized, with the loss of all feeders on that section of busbar for the duration of the repair.



IEC 1885/11

Figure F.1 – Impact due to the removal of common partition between busbar-disconnector

In Figure F.2 the removal of the disconnector, including its partitions, at 'B' requires the compartments of the adjacent disconnectors to be de-gassed. This causes the loss of the associated feeders for the duration of the repair.



IEC 1886/11

Figure F.2 – Impact of GIS partitioning on service continuity

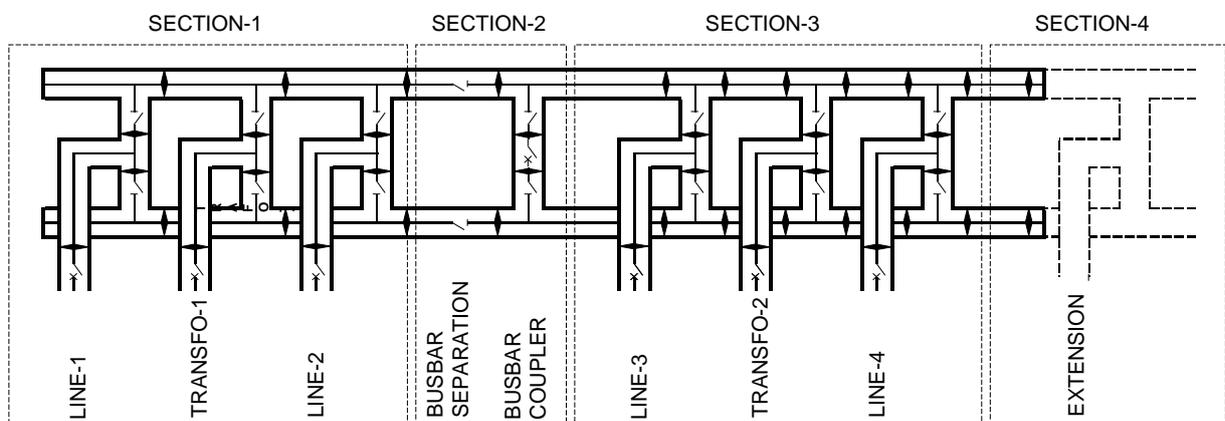
NOTE If working adjacent to a pressurised partition is not allowed an outage of the second busbar could be needed also.

F.4 Case-study

F.4.1 General

As an example to illustrate different aspects of the service continuity a double busbar arrangement with the below chosen partitioning scheme is shown in Figure F.3. These aspects are generally applicable for all single line schemes and all partitioning schemes. Different partitioning schemes can be used to fulfil the service continuity requirements and the example shown in this case study is therefore nothing more than an example and shall not in any way be regarded as a standardization.

In the example the substation has a total number of six feeders, four line and two transformer feeders. The busbars are divided by a busbar separation and linked with a coupler. A future extension is planned at the right side of the substation.



IEC 1887/11

Figure F.3 – Single line diagram with gas partitioning scheme

In the case study it is assumed, that working adjacent to a pressurized partition is allowed. In the case study a failure in a busbar disconnecter is considered.

The service continuity does not apply in the situation where a fault occurs while maintenance is in progress on other equipment. Only single events are considered. The GIS is divided in four sections. Section 1 and section 3 have different service continuity requirements which results in a different partitioning.

The main situations affecting GIS service continuity are:

- maintenance,
- repair after failure,
- extensions,
- on-site dielectric test.

In the following paragraphs these situations are discussed.

F.4.2 Maintenance

Maintenance includes inspections and planned activities to deal with normal wear and aging of the equipment. Such activities can be:

- visual inspections,
- test of drives and monitoring systems,
- exchange of contact systems of circuit breakers, disconnectors and earthing switches,
- on-site dielectric test (if applicable) see F.3,
- etc.

Such maintenance activities may impact the service continuity of the substation. In our case study (Figure F.3) maintenance on “LINE-1” may only affect the availability of “LINE-1”, keeping all other feeders in service.

F.4.3 Repair after failure

F.4.3.1 General

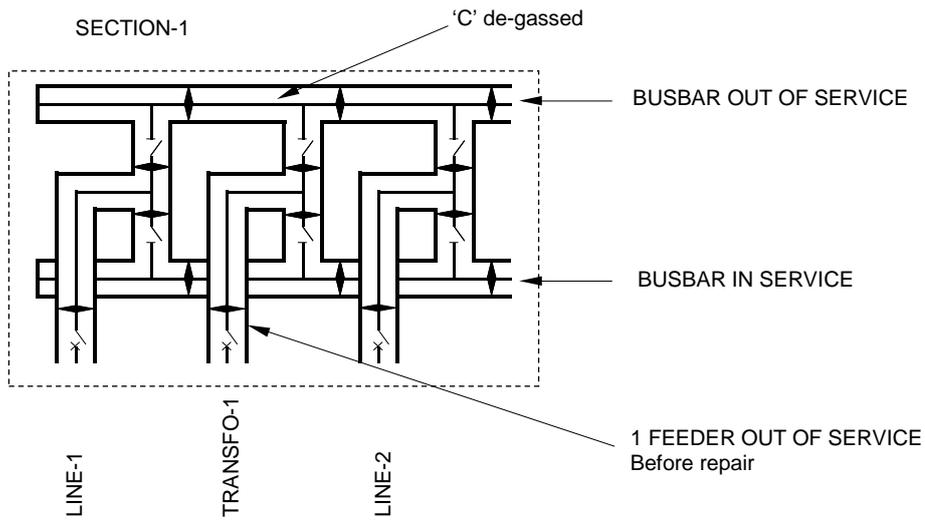
The following activities are normally involved after a major failure:

- localisation and isolation of the faulty compartments, in order to restore service, even partial (In case of a minor failure, for example leakage, isolation of the faulty compartment is not needed),
- repair,
- on-site dielectric test (if applicable) see F.3.

F.4.3.2 Localisation and isolation of the faulty compartments

- Localisation of a fault after the operation of the protective system (see 5.102.3) by an appropriate device,
- isolation of the faulty compartment by operating switching devices or opening removable links (see 3.104),
- Partially or fully restore service.

In the case study a defect in compartment “C” of SECTION-1 will only affect the feeder TRAF0-1 and one busbar. See Figure F.4.

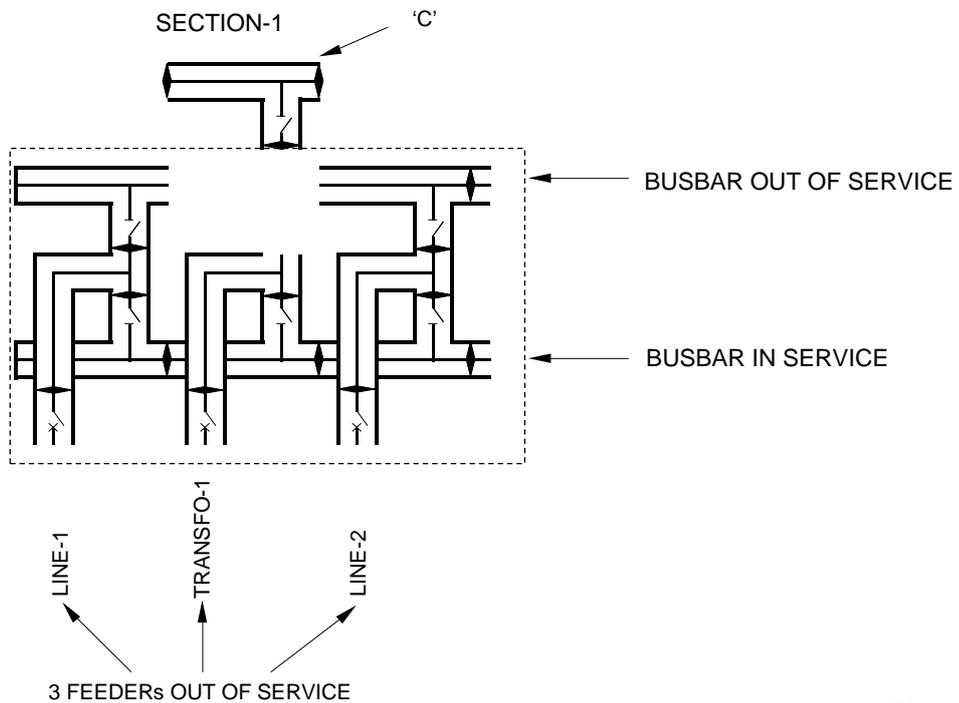


IEC 1888/11

Figure F.4 – Localisation and isolation

F.4.3.3 Repair

In the case study, the removal of the disconnector at 'C' in SECTION-1 requires an outage of the adjacent feeders. See Figure F.5.



IEC 1889/11

Figure F.5 – Removal of busbar disconnector in SECTION-1

In the case study, the removal of the disconnecter at 'D' in SECTION-3 requires only the outage of the faulty feeder and not of the adjacent feeders. See Figure F.6.

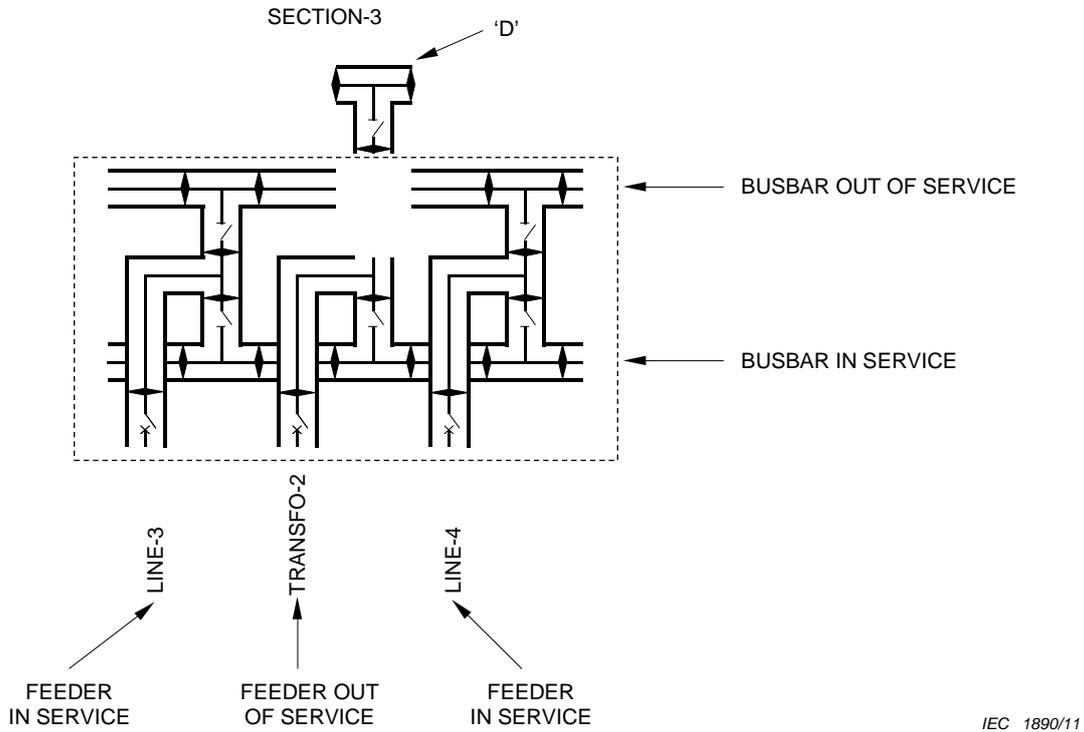


Figure F.6 – Removal of busbar disconnector in SECTION-3

F.4.4 Extension

The user should specify the location of possible future extension so that the manufacturer take it into account for partitioning.

On-site dielectric test of the extension could be performed separately before connecting to the existing GIS or if connected to the existing GIS by an additional isolation.

In the case study an additional busbar compartment "F" is installed in SECTION-4. This allows future extension without taking the adjacent feeder out of service. See Figure F.7.

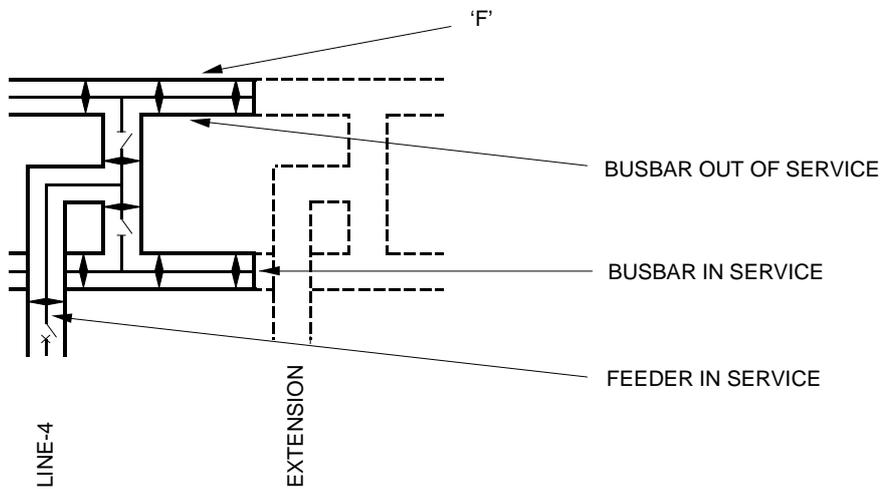
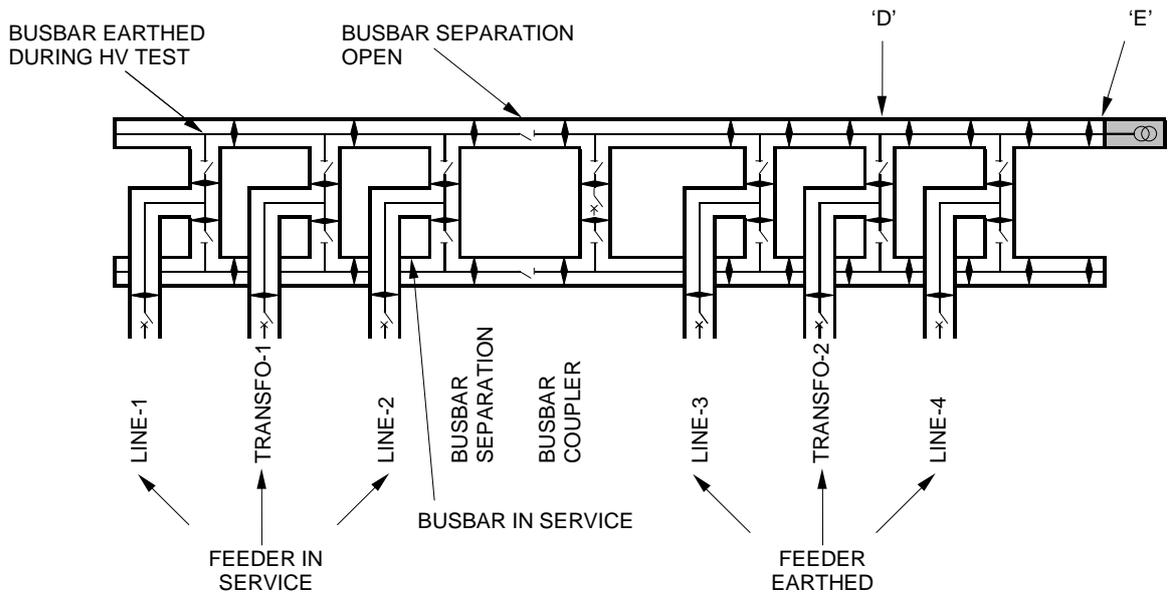


Figure F.7 – Extension

F.4.5 On-site dielectric test

On-site dielectric tests may be needed after maintenance, repair after failure or extension. Test procedure should be according to 10.2.101.2.3.

For instance in the case study testing of the new installed compartment “D” is performed by HV test equipment at position “E”. As consequence only three feeders of section 1 and one section of one busbar will stay in service. See Figure F.8.



IEC 1892/11

Figure F.8 – On-site dielectric test

F.5 User requirements on service continuity

It is the responsibility of users to define a strategy of maintenance relatively to the impact on service continuity and, it is the responsibility of manufacturers to design and define partitioning in order to fulfil users need.

The service continuity requirements should achieve an appropriate balance between equipment cost and the criticality of the substation in the user's network.

The user may define some general statements that allow a quantitative assessment of the service continuity during maintenance, repair or extension. The following general statements are given as examples:

- at least one line- and transformer-feeder must remain in service during maintenance and repair;
- maximum one busbar and one feeder permitted out of service during maintenance and repair;
- the power flow must be maintained between specified feeders during extension.

The user may also define more detailed service continuity requirements. An example is given in Table F.1 based on the GIS of the case study. This can be used as a template.

Table F.1 – Example for service continuity requirements

Feeder or part of the substation	Maintenance → See F.4.2		After failure until repair → See F.4.3.2		Repair or replacement of a busbar disconnecter after failure → See F.4.3.3		Dielectric test → See F.4.5		Extension → See F.4.4	
	Service continuity a)	Accepted duration (days) b)	Service continuity a)	Accepted duration (days) b)	Service continuity a)	Accepted duration (days) b)	Service continuity a)	Accepted duration (days) b)	Service continuity a)	Accepted duration (days) b)
LINE-1										
TRAFO-1										
LINE-2										
BUSBAR SEPARATION										
BUS COUPLER										
LINE-3										
TRAFO-2										
LINE-4										
EXTENSION "RIGHT"										

a) Specific service continuity requirements should be given by the user as proposed in F.2 or by statements as in F.5.

b) Accepted duration should be given by the user. Duration after failure until repair depends on spare parts, tools, test equipment and skilled staff available on-site. If not available duration can be months.

F.6 Factors improving service continuity

In order to achieve required service continuity the following factors may be considered among others:

- single line diagram (number of busbars, sequence of feeders, number and position of disconnectors...);
- gas compartment: partitioning, configuration and design, number of gas compartments, additional gas buffer compartments;
- additional isolating links...;

- position of earthing switches and temporary earthing facilities;
- physical arrangement of components;
- facilities for dismantling;
- design of partitions: whether the design allows or disallows working in a compartment with the adjacent under full pressure. In addition working conditions and procedures are to be considered in order to avoid injuries to persons or damage to partitions;
- provision for on-site dielectric test (GIS and interfaces);
- necessity to carry out on-site dielectric tests after maintenance or repair;
- provision for future extensions: buffer gas compartments, appropriate disconnect facilities for extensions without de-energization of complete GIS;
- availability of spare parts, tools and skilled staff.

Annex G (informative)

Insulation levels for GIS with rated voltages higher than 800 kV

G.1 General

The present UHV market for GIS with rated voltages higher than 800 kV is very small, with past installation in Italy, some installations in Japan and China, and planned installations in India. As these countries have already defined ratings, more experience is needed before standard ratings can be defined in this standard.

The rated insulation levels for these GIS are introduced in this annex.

G.2 Insulation level

The insulation levels used by different countries are summarized in Table G.1.

Table G.1 – Insulation levels used for GIS with rated voltages higher than 800 kV in different countries

Applied country	Rated voltage for equipment U_r kV (r.m.s. value)	Rated short-duration power-frequency withstand voltage U_d kV (r.m.s. value)		Rated switching impulse withstand voltage U_s kV (peak value)			Rated lightning impulse withstand voltage U_p kV (peak value)	
		Phase-to-earth and between phases	Across open switching device and/or isolating distance	Phase-to-earth	Between phases (Note 1)	Across open switching device and/or isolating distance	Phase-to-earth and between phases	Across open switching device and/or isolating distance
Italy	1 050	910	910	1 675	Not applicable	1 675 (+857)	2 250	2 250 (+857)
Japan	1 100	1 100	1 100/1 265 (Note 2)	1 550	Not applicable	1 550	2 250	2 250 (+900)
China	1 100	1 100	1 100(+635)	1 800	Not applicable	1 675 (+900)	2 400	2 400 (+900)
India	1 200	-	-	1 800	Not applicable	1 800 (+980)	2 400	2 400 (+980)

NOTE 1 Present designs are single phase encapsulated.

NOTE 2 1 100 kV across open switching device and 1 265 kV across open isolating device.

NOTE 3 General standard values are specified in IEC 60038.

The insulation levels in the above table are chosen on the condition to apply metal oxide surge arrester (MOSA) and pre-insertion resistor (PIR). The details are in the document listed on bibliography.

Annex H
(informative)**List of notes concerning certain countries**

Clause	Text
6.2.11	National exceptions are required for Canada, France and Italy where it is required by law that the test voltage during condition check across the isolating distance of a disconnecter be 100 % of the rated power frequency test voltage.

Bibliography

IEC 60038, *IEC standard voltages*

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

IEC 60050-471:2007, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 471: Insulators*

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

IEC 60071-1:2006, *Insulation co-ordination – Part 1: Definitions, principles and rules*

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/TS 60815-2:2008, *Selection and dimensioning of high-voltage insulators intended for use in polluted conditions – Part 2: Ceramic and glass insulators for a.c. systems*

IEC/TS 60815-3:2008, *Selection and dimensioning of high-voltage insulators intended for use in polluted conditions – Part 3: Polymer insulators for a.c. systems*

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

IEC 61672-1, *Electroacoustics – Sound level meters – Part 1: Specifications*

IEC 61672-2, *Electroacoustics – Sound level meters – Part 2: Pattern evaluation tests*

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

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

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

EN 50052:1986, *Cast Aluminium Alloy Enclosures For Gas-Filled High-Voltage Switchgear And Controlgear*

EN 50064:1990, *Wrought Aluminium And Aluminium Alloy Enclosures For Gas-Filled High-Voltage Switchgear And Controlgear*

EN 50068:1991, *Wrought Steel Enclosures For Gas-Filled High-Voltage Switchgear And Controlgear*

EN 50069:1991, *Welded Composite Enclosures Of Cast And Wrought Aluminium Alloys For Gas-Filled High-Voltage Switchgear And Controlgear*

EN 50089:1992, *Cast Resin Partitions For Metal-Enclosed Gas-Filled High-Voltage Switchgear And Controlgear*

EN 61264:1998, *Ceramic Pressurized Hollow Insulators For High-Voltage Switchgear And Controlgear*

IEEE 1416:1998, *IEEE Recommended Practice for the interface of New Gas-insulated Equipment in Existing Gas Insulated Substations*

IEEE C37.24:1986, *IEEE Guide For Evaluating The Effect Of Solar Radiation On Outdoor Metal-Enclosed Switchgear*

IEEE C37.122.1:1993, *IEEE Guide For Gas-Insulated Substations*

CIGRE Technical Brochure 125:1998, *User guide for the application of gas-insulated switchgear (GIS) for rated voltages of 72,5 kV and above*

CIGRE Technical Brochure 400: *Technical requirements for substation exceeding 800 kV.*

CIGRE Session 1998 – WG 21/23/33-03, *Assessment of the behaviour of gas-insulated electrical components in the presence of an internal arc*, by G. Babusci. E. Colombo. R. Speziali. G. Aldrovandi. R. Bergmann. M. Lissandrin. G. Cordioli. C. Piazza.

CIGRE Working Group A3.22, *Technical requirements for substations exceeding 800 kV, No. 400, December 2009.*

Electra 183 (1999), *PD detection system for GIS sensitivity for the UHF method and the acoustic method*, by CIGRE TF15/33.03.05

RGE: 04/82, *Electrical faults mastery in high voltage SF₆ insulated substations*, by Gilles Bernard, EDF, France. Published in *Revue Générale de L'Electricité* RGE 4/82, April 1982. (only available in French)

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	82
1 Généralités	84
1.1 Domaine d'application.....	84
1.2 Références normatives	84
2 Conditions normales et spéciales de service	85
2.1 Conditions normales de service	85
2.2 Conditions spéciales de service	85
3 Termes et définitions	86
4 Caractéristiques assignées	89
4.1 Tension assignée (U_r)	89
4.2 Niveau d'isolement assigné.....	89
4.3 Fréquence assignée (f_r).....	91
4.4 Courant assigné en service continu et échauffement.....	91
4.4.1 Courant assigné en service continu (I_r)	91
4.4.2 Échauffement	92
4.5 Courant de courte durée admissible assigné (I_k).....	92
4.6 Valeur de crête du courant admissible assigné (I_p)	92
4.7 Durée de court-circuit assignée (t_k)	92
4.8 Tension assignée d'alimentation des dispositifs de fermeture et d'ouverture et des circuits auxiliaires et de commande (U_a)	92
4.9 Fréquence assignée d'alimentation des dispositifs de fermeture et d'ouverture et des circuits auxiliaires.....	92
4.10 Pression assignée d'alimentation en gaz comprimé pour systèmes à pression entretenue	92
4.11 Niveaux assignés de remplissage pour l'isolement et/ou la manœuvre	92
5 Conception et construction.....	92
5.1 Exigences pour les liquides utilisés dans l'appareillage	93
5.2 Exigences pour les gaz utilisés dans l'appareillage.....	93
5.3 Raccordement à la terre de l'appareillage	93
5.4 Équipements auxiliaires et de commande	94
5.5 Manœuvre dépendante à source d'énergie extérieure	94
5.6 Manœuvre à accumulation d'énergie	94
5.7 Manœuvre indépendante manuelle ou manœuvre indépendante à source d'énergie extérieure (manœuvre indépendante sans accrochage mécanique)	94
5.8 Fonctionnement des déclencheurs.....	94
5.9 Dispositifs de verrouillage et de surveillance basse et haute pression.....	94
5.10 Plaques signalétiques	94
5.11 Dispositifs de verrouillage	95
5.12 Indicateur de position.....	95
5.13 Degrés de protection procurés par les enveloppes	95
5.14 Lignes de fuite pour les isolateurs d'extérieur.....	95
5.15 Étanchéité au gaz et au vide	96
5.15.1 Systèmes à pression entretenue de gaz	96
5.15.2 Systèmes à pression autonome de gaz	96
5.15.3 Systèmes à pression scellés	96
5.16 Étanchéité au liquide	96
5.17 Risque de feu (Inflammabilité)	96

5.18	Compatibilité électromagnétique (CEM)	96
5.19	Émission de rayons X	97
5.20	Corrosion	97
5.101	Coordination de pression	97
5.102	Défaut interne.....	98
5.103	Enveloppes.....	99
5.104	Cloisons	100
5.105	Décharge de pression.....	102
5.106	Bruit	103
5.107	Interfaces	103
6	Essais de type	104
6.1	Généralités.....	104
6.1.1	Groupement des essais	105
6.1.2	Informations pour l'identification des spécimens d'essais.....	106
6.1.3	Informations à inclure dans les rapports d'essais de type	106
6.2	Essais diélectriques.....	106
6.2.1	Conditions de l'air ambiant pendant les essais	107
6.2.2	Modalités des essais sous pluie	107
6.2.3	État de l'appareillage pendant les essais diélectriques.....	107
6.2.4	Conditions de réussite des essais	107
6.2.5	Application de la tension d'essai et conditions d'essai	107
6.2.6	Essais de l'appareillage de $U_T \leq 245$ kV	108
6.2.7	Essais de l'appareillage de $U_T > 245$ kV	108
6.2.8	Essais de pollution artificielle pour les isolateurs d'extérieur	109
6.2.9	Essais de décharges partielles.....	109
6.2.10	Essais diélectriques des circuits auxiliaires et de commande.....	110
6.2.11	Essai de tension comme essai de vérification d'état	110
6.3	Essai de tension de perturbation radioélectrique	110
6.4	Mesurage de la résistance des circuits.....	110
6.4.1	Circuit principal.....	110
6.4.2	Circuits auxiliaires.....	110
6.5	Essais d'échauffement.....	110
6.5.1	État de l'appareillage à soumettre aux essais	110
6.5.2	Disposition de l'appareil	111
6.5.3	Mesurage de la température et de l'échauffement	111
6.5.4	Température de l'air ambiant	111
6.5.5	Essai d'échauffement des équipements auxiliaires et de commande.....	111
6.5.6	Interprétation des essais d'échauffement	111
6.6	Essais au courant de courte durée admissible et à la valeur de crête du courant admissible.....	111
6.6.1	Disposition de l'appareillage et du circuit d'essai	111
6.6.2	Valeurs du courant d'essai et de sa durée	112
6.6.3	Comportement de l'appareillage au cours de l'essai	112
6.6.4	État de l'appareillage après l'essai	112
6.7	Vérification de la protection.....	112
6.7.1	Vérification de la codification IP	112
6.7.2	Vérification de la codification IK	112
6.8	Essais d'étanchéité.....	112
6.8.1	Systèmes à pression entretenue de gaz	113

6.8.2	Systèmes à pression autonome de gaz	113
6.8.3	Systèmes à pression scellés	113
6.8.4	Essais d'étanchéité aux liquides	113
6.9	Essais de compatibilité électromagnétique (CEM)	113
6.10	Essais complémentaires sur les circuits auxiliaires et de commande	113
6.11	Procédure d'essai des rayonnements X pour les ampoules à vide	113
6.101	Vérification des pouvoirs de fermeture et de coupure	113
6.102	Essais mécaniques et climatiques	113
6.103	Épreuves des enveloppes	114
6.104	Essai de pression des cloisons	116
6.105	Essai en cas d'arc dû à un défaut interne	116
6.106	Essais sur les isolateurs	116
6.107	Essai de corrosion sur les connexions de terre	117
6.108	Essais de corrosion sur les enveloppes	118
7	Essais individuels de série	118
7.1	Essai diélectrique du circuit principal	118
7.1.101	Essais de tension à fréquence industrielle du circuit principal	118
7.1.102	Mesure des décharges partielles	118
7.2	Essais des circuits auxiliaires et de commande	119
7.3	Mesurage de la résistance du circuit principal	119
7.4	Essai d'étanchéité	119
7.5	Contrôles visuels et du modèle	119
7.101	Essais de pression des enveloppes	119
7.102	Essais de fonctionnement mécanique	119
7.103	Essais des circuits auxiliaires, de l'équipement et des verrouillages du mécanisme d'entraînement	120
7.104	Essai de pression des cloisons	120
8	Guide pour le choix de l'appareillage	120
8.1	Choix des valeurs assignées	120
8.2	Surcharge continue ou temporaire due à une modification des conditions de service	120
9	Renseignements à donner dans les appels d'offres, les soumissions et les commandes	120
9.1	Renseignements dans les appels d'offres et les commandes	121
9.2	Renseignements pour les soumissions	121
10	Transport, stockage, installation, manœuvre et maintenance	121
10.1	Conditions à respecter pendant le transport, le stockage et l'installation	121
10.2	Installation	121
10.3	Fonctionnement	127
10.4	Maintenance	127
11	Sécurité	127
12	Influence du produit sur l'environnement	127
	Annexe A (normative) Procédure d'essai diélectrique de l'appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse triphasé de la gamme II	128
	Annexe B (normative) Méthodes d'essai de l'appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse en cas d'arc dû à un défaut interne	129
	Annexe C (informative) Considérations techniques et pratiques pour les essais sur le site	132
	Annexe D (informative) Calcul de l'élévation de pression due à un défaut interne	138

Annexe E (informative) Renseignements à donner dans les appels d'offres, les soumissions et les commandes	139
Annexe F (informative) Continuité de service	145
Annexe G (informative) Niveaux d'isolement pour PSEM avec des tensions assignées supérieures à 800 kV	155
Annexe H (informative) Liste de notes concernant certains pays	156
Bibliographie	157
Figure 1 – Coordination de pression	97
Figure 2 – Exemple de disposition des enveloppes et des compartiments à gaz	102
Figure F.1 – Impact dû au démontage d'une cloison commune entre sectionneurs de jeu de barres	146
Figure F.2 – Incidence du compartimentage du PSEM sur la continuité de service	147
Figure F.3 – Schéma unifilaire avec représentation du compartimentage de gaz	148
Figure F.4 – Localisation et isolement	149
Figure F.5 – Démontage du sectionneur de jeu de barres dans la SECTION-1	150
Figure F.6 – Démontage du sectionneur de jeu de barres dans la SECTION-3	150
Figure F.7 – Extension	151
Figure F.8 – Essais diélectriques sur site	152
Tableau 1 – Conditions de service de référence pour les PSEM	86
Tableau 2 – Niveaux d'isolement assignés pour les tensions assignées pour l'équipement de la gamme I	90
Tableau 3 – Niveaux d'isolement assignés pour les tensions assignées pour l'équipement de la gamme II	91
Tableau 4 – Critères d'efficacité	99
Tableau 5 – Exemple de groupement des essais de type	106
Tableau 6 – Tensions d'essai pour la mesure des décharges partielles	109
Tableau 7 – Tensions d'essais sur site	124
Tableau A.1 – Conditions d'essais de tenue aux chocs de manœuvre au-dessus de 245 kV	128
Tableau E.1 – Conditions normales et spéciales de service	139
Tableau E.2 – Caractéristiques assignées	140
Tableau E.3 – Conception et construction	141
Tableau E.4 – Jeux de barres	142
Tableau E.5 – Traversées	142
Tableau E.6 – Raccordement de câbles	143
Tableau E.7 – Raccordement du transformateur	143
Tableau E.8 – Transformateur de courant	143
Tableau E.9 – Transformateur de tension inductif	143
Tableau E.10 – Documentation pour appels d'offre et soumissions	144
Tableau F.1 – Exemple d'exigences de continuité de service	153
Tableau G.1 – Niveaux d'isolement utilisés par différents pays pour les PSEM de tension assignée supérieure à 800 kV	155

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

APPAREILLAGE À HAUTE TENSION –

Partie 203: Appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse de tensions assignées supérieures à 52 kV

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI 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, la CEI – 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 la CEI"). 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 la CEI, participent également aux travaux. La CEI 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 la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de la CEI intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; la CEI 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 la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) La CEI 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 la CEI. La CEI 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 la CEI, 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 la CEI, 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 la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, 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 la CEI peuvent faire l'objet de droits de brevet. La CEI 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 CEI 62271-203 a été établie par le sous-comité 17C: Ensembles d'appareillages à haute tension, du comité d'études 17 de la CEI: Appareillage.

Cette deuxième édition de la CEI 62271-203 annule et remplace la première édition de la CEI 62271-203 publiée en 2003, et constitue une révision technique.

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

- adoption de la structure et du contenu de la CEI 62271-1,
- harmonisation avec l'IEEE C37.122,

- ajout de la nouvelle Annexe F et de la nouvelle Annexe G.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
17C/512/FDIS	17C/524/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/CEI, Partie 2.

L'attention du lecteur est attirée sur le fait que l'Annexe H liste tous les articles pour lesquels certains pays mettent en œuvre des pratiques différentes de nature moins permanente et couvrant le domaine d'application de la présente Norme.

Il convient de lire cette Norme internationale conjointement avec la CEI 62271-1:2007, à laquelle elle 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 la CEI 62271-1. 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 des normes CEI 62271, publiées sous le titre général *Appareillage à haute tension*, est disponible sur le site Web de la CEI.

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 la CEI 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.

APPAREILLAGE À HAUTE TENSION –

Partie 203: Appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse de tensions assignées supérieures à 52 kV

1 Généralités

1.1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 62271 spécifie les exigences pour l'appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse dont l'isolation est réalisée, au moins partiellement, par un gaz isolant autre que l'air à la pression atmosphérique, pour courant alternatif de tensions assignées supérieures à 52 kV, pour l'installation à l'intérieur et à l'extérieur, et pour des fréquences de service inférieures ou égales à 60 Hz.

Dans le cadre de la présente norme, les termes Poste sous enveloppe métallique (PSEM) et "appareillage" sont utilisés pour "appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse".

L'appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse auquel s'applique cette norme est constitué par des matériels individuels destinés à être directement raccordés entre eux et ne pouvant fonctionner que sous cette forme.

La présente norme complète et modifie, si nécessaire, les différentes normes spécifiques applicables aux matériels individuels constitutifs de l'appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse.

1.2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

CEI 60044-1:1996, *Transformateurs de mesure – Partie 1: Transformateurs de courant*

CEI 60044-2:1997, *Transformateurs de mesure – Partie 2: Transformateurs inductifs de tension*

CEI 60068-2-11, *Essais fondamentaux climatiques et de robustesse mécanique – Partie 2-11: Essais – Essai Ka: Brouillard salin*

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

CEI 60141-1, *Essais de câbles à huile fluide, à pression de gaz et de leurs dispositifs accessoires – Partie 1: Câbles au papier à huile fluide et à gaine métallique et accessoires pour des tensions alternatives inférieures ou égales à 400 kV*

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

CEI 60376, *Spécifications de la qualité technique de l'hexafluorure de soufre (SF₆) pour utilisation dans les appareils électriques*

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

CEI 60840, *Câbles d'énergie à isolation extrudée et leurs accessoires pour des tensions assignées supérieures à 30 kV ($U_m = 36$ kV) et jusqu'à 150 kV ($U_m = 170$ kV) – Méthodes et exigences d'essai*

CEI/TR 61639:1996, *Raccordements directs entre transformateurs de puissance et appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse de tension assignée égale ou supérieure à 72,5 kV*

CEI 62067, *Câbles d'énergie à isolation extrudée et leurs accessoires pour des tensions assignées supérieures à 150 kV ($U_m = 170$ kV) et jusqu'à 500 kV ($U_m = 550$ kV) – Méthodes et prescriptions d'essai*

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

CEI 62271-100 :2008, *Appareillage à haute tension – Partie 100: Disjoncteurs à courant alternatif*

CEI 62271-102 :2001, *Appareillage à haute tension – Partie 102: Sectionneurs et sectionneurs de terre à courant alternatif*

CEI 62271-209 :2007, *Appareillage à haute tension – Partie 209: Raccordement de câbles pour appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse de tension assignée supérieure à 52 kV – Câbles remplis d'un fluide ou à isolation extrudée – Extrémité de câble sèche ou remplie d'un fluide*

CEI/TR 62271-303, *Appareillage à haute tension – Partie 303: Utilisation et manipulation de l'hexafluorure de soufre (SF₆)*

ISO 3231, *Peintures et vernis – Détermination de la résistance aux atmosphères humides contenant du dioxyde de soufre*

2 Conditions normales et spéciales de service

L'article 2 de la CEI 62271-1 est applicable avec les compléments suivants:

Quelle que soit l'altitude, les caractéristiques diélectriques de l'isolation interne sont identiques à celles qui sont mesurées au niveau de la mer. Pour cette isolation, par conséquent, aucune exigence n'est applicable concernant l'altitude.

Certains éléments du PSEM, tels que les soupapes de décharge et de contrôle de densité, peuvent être sensibles aux effets de l'altitude. Le fabricant doit prendre, le cas échéant, les dispositions nécessaires.

2.1 Conditions normales de service

Le paragraphe 2.1 de la CEI 62271-1 est applicable, en prenant en compte le Tableau 1 de la présente norme.

2.2 Conditions spéciales de service

Le paragraphe 2.2 de la CEI 62271-1 est applicable, en prenant en compte le Tableau 1 de la présente norme.

Lorsque le symbole plus grand que (>) est utilisé dans le tableau, les valeurs doivent être spécifiées par l'utilisateur, conformément à la CEI 62271-1.

Tableau 1 – Conditions de service de référence pour les PSEM

Désignation	Normale		Spéciale	
	Intérieur	Extérieur	Intérieur	Extérieur
Température de l'air ambiant:				
Minimum (°C)	-5 ou -25	-25 ou -40	-25	-50
Maximum (°C)	+40	+40	+50	+50
Puissance de radiation solaire (W/m ²)	Non applicable	1 000	Non applicable	>1 000
Altitude (m)	1 000	1 000	>1 000	>1 000
Sévérité de pollution sur le site ^a	Non applicable	c	c, d ou e	d ou e
Épaisseur de glace (mm)	Non applicable	1, 10 ou 20	Non applicable	>20
Vent (m/s)	Non applicable	34	Non applicable	>34
Humidité (%)	95	100	98	100
Précipitation ou condensation	Occasionnelle	Oui	Oui	Oui
Classe de vibration	Non applicable	Non applicable	CEI 62271-207 CEI/TR 62271-300	CEI 62271-207 CEI/TR 62271-300
NOTE La spécification de l'utilisateur peut utiliser n'importe quelle combinaison de conditions normales ou spéciales de service ci-dessus.				
^a Sévérité de pollution sur site c, d ou e, conformément au 8.3 de la CEI/TS 60815-1:2008.				

3 Termes et définitions

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

3.101

appareillage sous enveloppe métallique

ensemble d'appareillage avec une enveloppe métallique externe destinée à être mise à la terre, entièrement terminé, à l'exception des connexions extérieures

[CEI 60050-441:1984, 441-12-04]

3.102

appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse

appareillage de connexion sous enveloppe métallique dans laquelle l'isolation est obtenue, au moins partiellement, par un gaz isolant autre que l'air à pression atmosphérique

[CEI 60050-441:1984, 441-12-05]

NOTE 1 Ce terme est généralement applicable à l'appareillage haute tension.

NOTE 2 Le terme "appareillage triphasé sous enveloppe métallique à isolation gazeuse" s'applique à l'appareillage ayant les trois phases dans une enveloppe commune.

NOTE 3 Le terme "appareillage monophasé sous enveloppe métallique à isolation gazeuse" s'applique à l'appareillage ayant chaque phase dans une enveloppe individuelle.

3.103

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

NOTE L'enveloppe peut être monophasée ou triphasée.

3.104

liaison amovible

partie de conducteur facilement démontable permettant d'isoler l'une de l'autre les deux parties d'un PSEM

3.105

compartiment

partie d'un appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse entièrement fermée à l'exception des ouvertures nécessaires aux connexions et à la commande

NOTE Un compartiment peut être désigné par le matériel individuel principal qu'il contient, par exemple, "compartiment disjoncteur", "compartiment jeu de barres".

3.106

matériel individuel

partie essentielle du circuit principal ou de terre de l'appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse qui possède une fonction spécifique (par exemple disjoncteur, sectionneur, interrupteur, fusible, transformateur de mesure, traversée, jeu de barres, etc.)

3.107

isolateur support

isolateur interne et servant à supporter un ou plusieurs conducteurs

3.108

cloison

support isolant d'un appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse séparant un compartiment des autres compartiments

3.109

traversée

dispositif servant à faire passer un ou plusieurs conducteurs à travers une paroi, telle qu'un mur ou une cuve, en isolant le(s) conducteur(s) de cette paroi

NOTE Les moyens de fixation (bride ou autre dispositif) sur la paroi font partie de la traversée.

[CEI 60050-471:2007, 471-02-01, modifiée]

3.110

circuit principal

toutes les parties conductrices d'un appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse qui font partie d'un circuit destiné à transporter l'énergie électrique

[CEI 60050-441:1984, 441-13-02, modifiée]

3.111

circuit auxiliaire

toutes les parties conductrices d'un appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse insérées dans un circuit (autre que le circuit principal), destinées à la commande, la mesure, la signalisation et la régulation

NOTE Les circuits auxiliaires d'un appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse comprennent les circuits de commande et les circuits auxiliaires des appareils de connexion.

3.112

température de calcul des enveloppes

température maximale pouvant être atteinte par l'enveloppe dans les conditions de service maximales spécifiées

3.113

pression de calcul des enveloppes

pression relative utilisée pour la conception de l'enveloppe

NOTE 1 Elle est au moins égale à la pression maximale de l'enveloppe lorsque la température du gaz utilisé pour l'isolation a atteint son maximum pour les conditions de service maximales spécifiées.

NOTE 2 La pression transitoire apparaissant pendant et après une manœuvre de coupure (par exemple, d'un disjoncteur) n'est pas à prendre en compte pour la détermination de la pression de calcul.

3.114

pression de calcul des cloisons

pression relative sur la cloison

NOTE 1 Elle est au moins égale à la pression relative maximale sur la cloison pendant les activités de maintenance.

NOTE 2 La pression transitoire apparaissant lors d'une manœuvre (si applicable, exemple, disjoncteurs) n'est pas à prendre en compte pour la détermination de la pression de calcul.

3.115

pression de fonctionnement des dispositifs de décharge de pression

pression relative retenue pour l'ouverture des dispositifs de décharge de pression

3.116

pression d'essai individuel de série des enveloppes et des cloisons

pression relative à laquelle toutes les enveloppes et toutes les cloisons sont soumises après fabrication

3.117

pression d'essai de type des enveloppes et des cloisons

pression relative à laquelle toutes les enveloppes et toutes les cloisons sont soumises pour les essais de type

3.118

fragmentation

tout dommage subi par l'enveloppe suite à une élévation de la pression accompagnée de projection de matières

NOTE On interprétera l'expression "enveloppe sans fragmentation" comme suit:

- absence d'explosion dans le compartiment;
- absence de projections de particules solides hors du compartiment.

À l'exception:

- des pièces du dispositif de décharge de pression, si leur éjection est dirigée;
- des éléments incandescents et matières fondues provenant de la perforation de l'enveloppe.

3.119

décharge disruptive

phénomènes associés à la défaillance de l'isolation sous l'action d'une contrainte électrique, dans lesquels la décharge court-circuite complètement l'isolation en cours d'essai, réduisant la tension entre électrodes à une valeur nulle ou presque nulle

3.120**période de service**

durée d'utilisation jusqu'à ce qu'une maintenance soit requise, incluant l'ouverture des compartiments de gaz

3.121**unité de transport**

partie d'un appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse pouvant être transportée sans être démontée

4 Caractéristiques assignées

L'article 4 de la CEI 62271-1 est applicable avec les modifications suivantes:

- e) courant de courte durée admissible assigné (I_k) (pour les circuits principaux et les circuits de mise à la terre);
- f) valeur de crête du courant admissible assigné (I_p) (pour les circuits principaux et les circuits de mise à la terre);

et avec le complément suivant:

- l) valeurs assignées des matériels faisant partie de l'appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse, y compris leurs dispositifs de manœuvre et l'équipement auxiliaire.

4.1 Tension assignée (U_r)

Le paragraphe 4.1 de la CEI 62271-1 est applicable avec le complément suivant:

NOTE Les matériels individuels faisant partie de l'appareillage peuvent avoir leurs propres valeurs de tension assignée conformément aux normes correspondantes.

4.2 Niveau d'isolement assigné

Le paragraphe 4.2 de la CEI 62271-1 est applicable avec les compléments suivants:

Les Tableaux 1 et 2 du paragraphe 4.2 de la CEI 62271-1 sont remplacés par les Tableaux 2 et 3 ci-dessous.

Pour les tensions assignées supérieures à 800 kV, voir l'Annexe G.

L'appareillage contient des matériels individuels possédant un niveau d'isolement défini. Bien que l'on puisse, dans une large mesure, éviter des défauts internes par le choix d'un niveau d'isolement convenable, il est recommandé d'envisager des moyens de limitation des surtensions externes (par exemple parafoudres).

NOTE 1 Selon les études du comité CIGRE, le rapport naturel entre les tensions admissibles au cours d'essais standard pour l'isolement au gaz SF₆ est de $U_d / U_p = 0,45$ et $U_s / U_p = 0,75$. Les valeurs U_d du Tableau 3 sont calculées avec ces coefficients.

NOTE 2 Pour ce qui est des pièces externes des traversées (si elles existent), voir la CEI 60137.

NOTE 3 Les formes d'ondes sont des formes de choc de foudre et des formes de choc de manœuvre normalisées, dans l'attente des résultats des études sur la tenue de ces matériels à d'autres types de chocs.

NOTE 4 Il est recommandé de choisir entre les différents niveaux d'isolement correspondant à une tension assignée spécifique en effectuant des études de coordination d'isolement tenant également compte des surtensions transitoires engendrées par les manœuvres des matériels faisant partie de l'appareillage.

Tableau 2 – Niveaux d'isolement assignés pour les tensions assignées pour l'équipement de la gamme I

Tension assignée à l'équipement U_r kV (valeur efficace)	Tension de tenue assignée de courte durée à fréquence industrielle U_d kV (valeur efficace)		Tension de tenue assignée au choc de foudre U_p kV (valeur de crête)	
	Entre phase et terre, entre contacts ouverts de l'appareil de connexion et entre phases	Sur la distance de sectionnement	Entre phase et terre, entre contacts ouverts de l'appareil de connexion et entre phases	Sur la distance de sectionnement
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
72,5	140	160	325	375
100	185	210	450	520
123	230	265	550	630
145	275	315	650	750
170	325	375	750	860
245	460	530	1 050	1 200

NOTE Les valeurs de la colonne (2) sont applicables,

a) pour les essais de type, entre phase et terre et entre phases;

b) pour les essais individuels de série, entre phase et terre, entre phases, et entre contacts ouverts de l'appareil de connexion.

Les valeurs des colonnes (3), (4) et (5) sont applicables pour les essais de type seulement.

Tableau 3 – Niveaux d'isolement assignés pour les tensions assignées pour l'équipement de la gamme II

Tension assignée à l'équipement U_r kV (valeur efficace)	Tension de tenue assignée de courte durée à fréquence industrielle U_d kV (valeur efficace)		Tension de tenue assignée au choc de manœuvre U_s kV (valeur crête)			Tension de tenue assignée au choc de foudre U_p kV (valeur crête)	
	Entre phase et terre et entre phases (Note 3)	Entre contacts ouverts de l'appareil de connexion et/ou sur la distance de sectionnement (Note 3)	Entre phase et terre, entre contacts ouverts de l'appareil de connexion	Entre phases (Notes 3 et 4)	Sur la distance de sectionnement (Notes 1, 2 et 3)	Entre phase et terre et entre phases	Entre contacts ouverts de l'appareil de connexion et/ou sur la distance de sectionnement (Notes 2 et 3)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
300	460	595	850	1 275	700 (+245)	1 050	1 050 (+170)
362	520	675	950	1 425	800 (+295)	1 175	1 175 (+205)
420	650	815	1 050	1 575	900 (+345)	1 425	1 425 (+240)
550	710	925	1 175	1 760	900 (+450)	1 550	1 550 (+315)
800	960	1 270	1 425	2 420	1 100 (+650)	2 100	2 100 (+455)

NOTE 1 La colonne (6) s'applique aussi à certains disjoncteurs, voir CEI 62271-100.

NOTE 2 Dans la colonne (6), les valeurs entre parenthèses sont les valeurs de crête de la tension à la fréquence industrielle $U_r \sqrt{2}/\sqrt{3}$ appliquée à la borne opposée (tension combinée).

Dans la colonne (8), les valeurs entre parenthèses sont les valeurs de crête de la tension à la fréquence industrielle $0,7 U_r \sqrt{2}/\sqrt{3}$ appliquée à la borne opposée (tension combinée).

NOTE 3 Les valeurs de la colonne (2) s'appliquent,

- pour les essais de type, entre phase et terre et entre phases;
- pour les essais individuels de série, entre phase et terre, entre phases et entre contacts de l'appareil de connexion ouvert.

Les valeurs des colonnes (3), (4), (5), (6), (7) et (8) sont applicables pour les essais de type seulement.

NOTE 4 Il s'agit de valeurs provenant des facteurs multiplicateurs indiqués au Tableau 3 de la CEI 60071-1:2006.

4.3 Fréquence assignée (f_r)

Le paragraphe 4.3 de la CEI 62271-1 est applicable.

4.4 Courant assigné en service continu et échauffement

4.4.1 Courant assigné en service continu (I_r)

Le paragraphe 4.4.1 de la CEI 62271-1 est applicable avec le complément suivant:

Certains circuits principaux des PSEM (jeu de barres, circuits d'alimentation, etc.) peuvent avoir des valeurs différentes de courant assigné en service continu. Cependant, il convient de choisir également ces valeurs dans la série R10.

4.4.2 Échauffement

Le paragraphe 4.4.2 de la CEI 62271-1 est applicable avec le complément suivant:

L'échauffement des matériels individuels contenus dans l'appareillage et qui font l'objet de normes hors du domaine d'application de la CEI 62271-1 ne doit pas dépasser les limites des échauffements autorisés par la norme spécifique à ces matériels.

NOTE Dans le cas d'échauffement égal ou supérieur à 65 K des parties de l'enveloppe non accessibles à l'opérateur, il convient de prendre toutes les précautions pour s'assurer qu'aucun dommage n'est causé aux matériaux isolants voisins.

4.5 Courant de courte durée admissible assigné (I_k)

Le paragraphe 4.5 de la CEI 62271-1 est applicable.

4.6 Valeur de crête du courant admissible assigné (I_p)

Le paragraphe 4.6 de la CEI 62271-1 est applicable avec le complément suivant:

NOTE En principe le courant de courte durée admissible assigné et la valeur de crête du courant admissible assigné d'un circuit principal ne peuvent pas excéder les valeurs assignées correspondantes les plus faibles des matériels individuels montés en série dans le circuit.

4.7 Durée de court-circuit assignée (t_k)

Le paragraphe 4.7 de la CEI 62271-1 est applicable.

4.8 Tension assignée d'alimentation des dispositifs de fermeture et d'ouverture et des circuits auxiliaires et de commande (U_a)

Le paragraphe 4.8 de la CEI 62271-1 est applicable.

4.9 Fréquence assignée d'alimentation des dispositifs de fermeture et d'ouverture et des circuits auxiliaires

Le paragraphe 4.9 de la CEI 62271-1 est applicable.

4.10 Pression assignée d'alimentation en gaz comprimé pour systèmes à pression entretenue

Le paragraphe 4.10 de la CEI 62271-1 n'est pas applicable.

4.11 Niveaux assignés de remplissage pour l'isolement et/ou la manœuvre

Le paragraphe 4.11 de la CEI 62271-1 est applicable.

5 Conception et construction

Le PSEM doit être construit de telle façon que les opérations normales d'exploitation, de contrôle et de maintenance, la mise à la terre des câbles raccordés, la localisation des défauts dans les câbles, les essais diélectriques des câbles ou des autres appareils raccordés et la suppression des charges électrostatiques dangereuses puissent être effectués sans risque, y compris la vérification de l'ordre de succession des phases après installation et après extension.

La conception de l'équipement doit être telle que le déplacement admissible et accepté des fondations et les effets thermiques ou mécaniques ne réduisent pas les caractéristiques assignées de l'équipement.

Tous les matériels individuels de construction et de caractéristiques identiques susceptibles d'être remplacés doivent être interchangeables.

Les matériels individuels divers contenus dans l'enveloppe sont soumis aux normes particulières les concernant, sauf lorsque ces dernières sont modifiées par la présente norme.

5.1 Exigences pour les liquides utilisés dans l'appareillage

Le paragraphe 5.1 de la CEI 62271-1 n'est pas applicable.

5.2 Exigences pour les gaz utilisés dans l'appareillage

Le paragraphe 5.2 de la CEI 62271-1 est applicable avec le complément suivant:

Des recommandations relatives aux mesures du point de rosée et aux corrections adéquates doivent être données par le constructeur. Voir en E.4.

5.3 Raccordement à la terre de l'appareillage

Le paragraphe 5.3 de la CEI 62271-1 est applicable.

5.3.101 Raccordement à la terre du circuit principal

Pour assurer la sécurité lors d'interventions de maintenance, toutes les parties du circuit principal auquel il est prévu ou nécessaire d'accéder doivent pouvoir être mises à la terre.

La mise à la terre peut être réalisée par:

- a) des sectionneurs de mise à la terre avec un pouvoir de fermeture égal à la valeur de crête du courant admissible assigné, s'il reste une possibilité que le circuit connecté soit encore sous tension;
- b) des sectionneurs de mise à la terre sans pouvoir de fermeture ou avec un pouvoir de fermeture inférieur à la valeur de crête du courant admissible assigné, si le circuit raccordé est mis hors tension de façon certaine.

De plus, il doit être possible après ouverture de l'enveloppe, de raccorder les dispositifs amovibles de mise à la terre pour la durée de l'intervention sur un élément de circuit mis préalablement à la terre à l'aide d'un sectionneur de terre.

Le circuit de mise à la terre peut être dégradé après avoir été soumis au courant de court-circuit assigné. Après cet événement, il peut être nécessaire de remplacer le circuit de mise à la terre.

5.3.102 Raccordement à la terre de l'enveloppe

Les enveloppes doivent être connectées à la terre. Toutes les parties métalliques ne faisant pas partie d'un circuit principal ou auxiliaire doivent être mises à la terre. Pour l'interconnexion des enveloppes, charpentes, etc., l'assemblage (par exemple par boulonnage ou soudage) est considéré comme suffisant pour assurer la continuité électrique.

La continuité des circuits de mise à la terre doit être assurée compte tenu des contraintes thermiques et électriques causées par les courants susceptibles de les traverser.

Pour les appareillages monophasés sous enveloppe, il convient qu'un circuit de bouclage, c'est-à-dire une interconnexion entre les enveloppes des trois phases, soit mis en place pour les courants induits. Il est recommandé que chacun de ces circuits de bouclage soit relié aussi directement que possible à la grille de mise à la terre par un conducteur pouvant supporter le courant de court-circuit.

NOTE L'objet des circuits de bouclage est d'empêcher que les courants induits dans les enveloppes n'aillent dans les circuits de mise à la terre et dans la grille de mise à la terre. Ils sont normalement dimensionnés pour les courants assignés et sont installés à un emplacement approprié, en fonction de l'implantation de l'installation du PSEM.

5.4 Équipements auxiliaires et de commande

Le paragraphe 5.4 de la CEI 62271-1 est applicable.

5.5 Manœuvre dépendante à source d'énergie extérieure

Le paragraphe 5.5 de la CEI 62271-1 est applicable.

5.6 Manœuvre à accumulation d'énergie

Le paragraphe 5.6 de la CEI 62271-1 est applicable.

5.7 Manœuvre indépendante manuelle ou manœuvre indépendante à source d'énergie extérieure (manœuvre indépendante sans accrochage mécanique)

Le paragraphe 5.7 de la CEI 62271-1 est applicable.

5.8 Fonctionnement des déclencheurs

Le paragraphe 5.8 de la CEI 62271-1 est applicable.

5.9 Dispositifs de verrouillage et de surveillance basse et haute pression

Le paragraphe 5.9 de la CEI 62271-1 est applicable avec les compléments suivants:

Pour les PSEM, seule la densité du gaz est importante.

La densité ou la pression de gaz compensée en température dans chaque compartiment doit être surveillée en continu. Le système de surveillance doit disposer d'au moins deux jeux d'alarme pour la pression ou la densité (pression d'alarme et pression minimale de fonctionnement, ou densité d'alarme et densité minimale de fonctionnement). Les dispositifs de surveillance du gaz doivent pouvoir être vérifiés tout en maintenant l'équipement haute tension en service.

NOTE 1 Lorsque la densité de remplissage assignée diffère entre compartiments adjacents, une alarme supplémentaire indiquant une pression excessive ou une densité excessive peut être mise en œuvre.

NOTE 2 Il convient de tenir compte des tolérances du dispositif de surveillance, des éventuels écarts de température (par exemple, intérieur/extérieur d'un bâtiment) entre le dispositif de surveillance et le volume de gaz sous surveillance.

NOTE 3 Le contrôle du dispositif de surveillance du gaz peut générer des alarmes intempestives susceptibles de déclencher ou d'interdire des manœuvres.

NOTE 4 Il est préférable de placer les dispositifs de surveillance du gaz aussi près que possible du compartiment de gaz sous surveillance, pour assurer la précision de mesure et le minimum de fuites, toutefois en choisissant l'emplacement, il convient de prendre en considération la sécurité et l'accessibilité.

5.10 Plaques signalétiques

Le paragraphe 5.10 de la CEI 62271-1 est applicable avec les compléments suivants:

Une plaque signalétique commune doit être fournie pour identifier l'appareillage PSEM. Au minimum, elle doit indiquer les caractéristiques assignées énumérées à l'Article 4 de la présente norme. La plaque signalétique commune doit être clairement lisible à partir de la position de l'exploitation locale.

Pour chaque matériel individuel, une plaque signalétique conforme à sa norme correspondante est exigée, lorsque les caractéristiques assignées ne sont pas indiquées sur la plaque signalétique commune.

Les plaques signalétiques doivent être durables et facilement lisibles pendant la durée de vie du PSEM.

Le constructeur doit préciser la quantité totale de SF₆ contenue dans l'ensemble de l'installation PSEM, soit sur la plaque signalétique, soit sur une plaque indicatrice placée en un endroit visible. S'il y a lieu, de plus amples informations concernant la quantité de SF₆ doivent être données dans le manuel d'instructions.

5.11 Dispositifs de verrouillage

Le paragraphe 5.11 de la CEI 62271-1 est applicable avec les compléments suivants:

Les dispositions suivantes sont obligatoires pour les appareils installés dans les circuits principaux qui sont utilisés comme distance de sectionnement et comme mise à la terre:

- les appareils installés dans les circuits principaux, qui servent à assurer la distance de sectionnement durant des travaux de maintenance, doivent être équipés de dispositifs de verrouillage visibles pour éviter la fermeture (par exemple, cadenas);
- les sectionneurs de terre doivent être équipés de dispositifs de verrouillage pour éviter l'ouverture.

Il est recommandé que les sectionneurs de terre, ayant un pouvoir de fermeture sur court-circuit inférieur à la valeur de crête du courant admissible assigné du circuit, soient verrouillés avec les sectionneurs associés.

Il convient que les sectionneurs de terre disposant d'un pouvoir de fermeture de court-circuit inférieur à la valeur de crête du courant admissible assigné, ou d'un pouvoir de coupure inférieur au courant normal assigné, et les sectionneurs soient asservis au disjoncteur associé pour éviter l'enclenchement ou le déclenchement de l'interrupteur ou du sectionneur à moins que le disjoncteur associé ne soit ouvert. Cependant, la manœuvre de transferts de barres en charge doit demeurer possible pour les PSEM à plusieurs jeux de barre.

5.12 Indicateur de position

Le paragraphe 5.12 de la CEI 62271-1 est applicable avec le complément suivant:

Le paragraphe 5.104.3.1 de la CEI 62271-102:2001 est applicable.

5.13 Degrés de protection procurés par les enveloppes

Le paragraphe 5.13 de la CEI 62271-1 est applicable.

5.14 Lignes de fuite pour les isolateurs d'extérieur

Le paragraphe 5.14 de la CEI 62271-1 est applicable avec le complément suivant:

Ceci n'est applicable qu'aux traversées.

5.15 Étanchéité au gaz et au vide

Le paragraphe 5.15 de la CEI 62271-1 est applicable avec les compléments suivants:

Les PSEM doivent être des systèmes à pression autonome ou des systèmes à pression scellés.

Les pertes dues aux fuites et aux manipulations doivent être traitées séparément.

NOTE 1 L'objectif consiste à assurer une perte totale (fuite et manipulation) aussi faible que possible. Il convient de parvenir à une moyenne inférieure à 15 % sur tous les compartiments de gaz et sur une période minimale de service de 25 ans.

NOTE 2 Il convient d'analyser soigneusement toute cause de fuite anormale en exploitation et de prendre les actions correctives.

5.15.1 Systèmes à pression entretenue de gaz

Le paragraphe 5.15.1 de la CEI 62271-1 n'est pas applicable.

5.15.2 Systèmes à pression autonome de gaz

Le paragraphe 5.15.2 de la CEI 62271-1 est applicable avec le complément suivant:

Le taux de fuite à l'atmosphère de tout compartiment d'un PSEM, et entre les compartiments eux-mêmes, ne doit pas dépasser 0,5 % par an pendant la durée de vie de service de l'équipement.

5.15.3 Systèmes à pression scellés

Le paragraphe 5.15.3 de la CEI 62271-1 est applicable.

5.15.101 Fuite

Conformément à la procédure normalisée définie à l'Annexe E de la CEI 62271-1, le constructeur doit démontrer que le taux de fuite de n'importe quel compartiment du PSEM ou que le taux de fuite entre les compartiments est conforme au 5.15.2 ou au 5.15.3.

5.15.102 Manipulation du gaz

Le PSEM doit être conçu afin de minimiser les pertes provoquées par la manipulation du gaz sur sa durée de vie. Le constructeur doit spécifier les procédures d'essai et de maintenance destinées à minimiser les rejets dus aux manipulations de gaz et doit déterminer la perte de gaz associée à chaque procédure.

Le constructeur doit recommander des procédures de manipulation du SF₆ conformes à la CEI 60480 et à la CEI/TR 62271-303.

5.16 Étanchéité au liquide

Le paragraphe 5.16 de la CEI 62271-1 n'est pas applicable.

5.17 Risque de feu (Inflammabilité)

Le paragraphe 5.17 de la CEI 62271-1 est applicable.

5.18 Compatibilité électromagnétique (CEM)

Le paragraphe 5.18 de la CEI 62271-1 est applicable.

5.19 Émission de rayons X

Le paragraphe 5.19 de la CEI 62271-1 est applicable avec le complément suivant:

Ceci ne s'applique qu'aux disjoncteurs avec ampoules à vide.

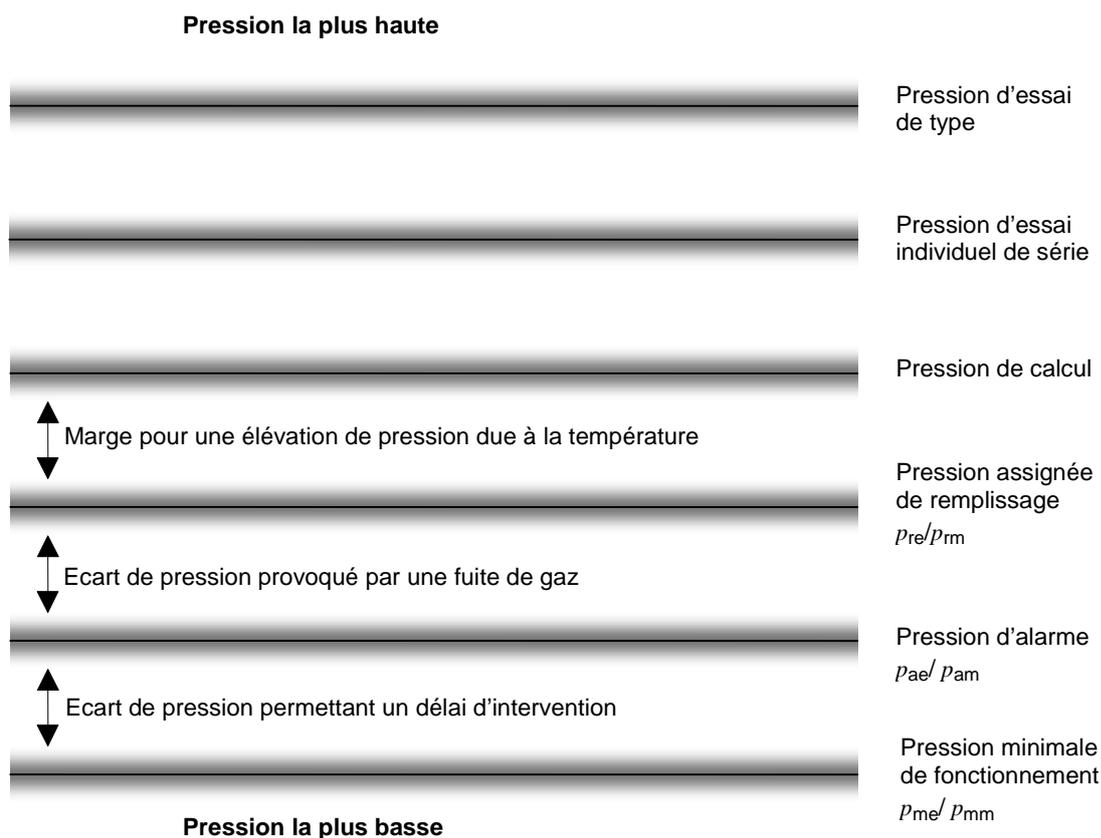
5.20 Corrosion

Le paragraphe 5.20 de la CEI 62271-1 est applicable avec les compléments suivants:

La continuité du circuit de terre doit être assurée en tenant compte de la corrosion des assemblages boulonnés ou vissés.

5.101 Coordination de pression

La pression à l'intérieur d'un PSEM peut ne pas correspondre au niveau de pression assignée de remplissage en raison de conditions de service différentes. Une élévation de la pression provoquée par la température et une fuite entre compartiments peut imposer des contraintes mécaniques supplémentaires. Une baisse de pression provoquée par une fuite peut affecter les propriétés d'isolement. La Figure 1 illustre les divers niveaux de pression et leur interactivité.



IEC 1883/11

Figure 1 – Coordination de pression

Il incombe au constructeur de choisir la pression de fonctionnement minimale pour l'isolement p_{me} et la manœuvre p_{mm} . Les pressions d'alarme p_{ae} / p_{am} sont liées aux pressions assignées de remplissage p_{re} / p_{rm} par le taux de fuite spécifié, afin de satisfaire aux exigences

minimales concernant le délai d'intervention pour procéder à un complément de remplissage spécifié par la CEI 62271-1 et par l'utilisateur.

L'intervalle de temps entre la pression d'alarme p_{ae} et la pression fonctionnelle minimale p_{me} permet d'entreprendre des actions correctives; il dépend du taux de fuite du gaz. Lorsqu'on considère la durée de cette période, les tolérances des dispositifs de surveillance du gaz doivent être prises en compte.

En conditions de service, les contraintes mécaniques sont associées à la pression interne qui est elle-même fonction de la température du gaz. En conséquence, la pression de calcul correspond à la pression assignée de remplissage à la température maximale que le gaz est susceptible d'atteindre.

La pression d'essai individuel de série et la pression d'essai de type dépendent de la pression de calcul, en tenant compte du matériau et des facteurs propres au processus de fabrication.

5.102 Défaut interne

5.102.1 Généralités

La probabilité d'un défaut conduisant à un arc dans l'appareillage du PSEM, construit selon la présente norme, est très faible. Cela résulte de l'utilisation d'un fluide isolant autre que l'air à la pression atmosphérique, exempt de pollution, d'humidité ou de vermine.

Les PSEM doivent être conçus, fabriqués et exploités afin d'empêcher l'occurrence de défaut interne dans ceux-ci. Toutes les mesures possibles pour maintenir une très faible probabilité d'occurrence doivent être prises comme:

- coordination de l'isolement,
- limitation et maîtrise de fuite de gaz,
- haute qualité du travail sur site,
- verrouillage de l'appareil de connexion.

La très faible probabilité d'un tel événement doit être considérée. Des dispositions doivent être prises pour minimiser les effets des défauts internes sur la continuité de service (par exemple, protection très rapide, commande à distance). L'arc interne ne doit pas se propager dans les compartiments de gaz adjacents.

Après un tel événement, il convient d'intervenir afin d'isoler le compartiment en défaut. La conception générale du compartimentage du PSEM doit permettre la restauration de la partie du PSEM non affectée, afin de satisfaire aux exigences d'exploitation du service, lorsque celles-ci sont définies (voir Annexe F).

5.102.2 Effets externes de l'arc

Les effets d'un arc interne sont:

- l'augmentation de la pression du gaz (voir Annexe D);
- l'éventuelle perforation de l'enveloppe.

Les effets externes d'un arc doivent être limités à l'apparition d'un trou ou d'une déchirure sur l'enveloppe, sans fragmentation (par un système de protection approprié).

La durée de l'arc dépend de l'efficacité du système de protection déterminé par le premier stade (protection principale) et par le second stade (protection de secours).

Le Tableau 4 donne les critères d'efficacité pour la durée de l'arc en fonction de l'efficacité du système de protection.

Tableau 4 – Critères d'efficacité

Courant de court circuit assigné	Stade de protection	Durée du courant	Critères d'efficacité
<40 kA eff.	1	0,2 s	Absence d'effet externe hormis l'action de dispositifs de décharge adéquats
	2	≤0,5 s	Absence de fragmentation (perforation acceptable)
≥40 kA eff.	1	0,1 s	Absence d'effet externe hormis l'action de dispositifs de décharge adéquats
	2	≤0,3 s	Absence de fragmentation (perforation acceptable)

Le constructeur et l'utilisateur peuvent déterminer une durée pendant laquelle un arc provoqué par un défaut interne et caractérisé par une valeur de court-circuit donnée, ne provoquera pas d'effets externes. Cette durée doit être déterminée en fonction des résultats d'essais ou d'une procédure de calcul reconnue. Voir Equation (D.1).

La durée du courant sans perforation pour différentes valeurs de courant de court-circuit peut être estimée à partir d'une procédure de calcul connue. Voir Bibliographie.

5.102.3 Localisation de défaut interne

Il convient que le constructeur de l'appareillage propose des méthodes appropriées pour la localisation des défauts, lorsque l'utilisateur le demande.

5.103 Enveloppes

5.103.1 Généralités

L'enveloppe doit résister aux pressions normales et transitoires auxquelles elle est soumise en service.

5.103.2 Conception des enveloppes

L'enveloppe doit être conçue conformément aux normes établies concernant les enveloppes sous pression des appareillages à haute tension remplis de gaz inertes non corrosifs et faiblement pressurisés. Pour plus d'information, consulter la Bibliographie.

Les méthodes de calcul de l'épaisseur et la construction des enveloppes, soudées ou moulées, doivent se fonder sur la pression de calcul (voir la définition au 3.113).

NOTE Pour la conception d'une enveloppe, il convient également de tenir compte des données suivantes:

- mise au vide éventuelle de l'enveloppe au cours des opérations normales de remplissage;
- différentiel de pression total de part et d'autre des parois de l'enveloppe ou des cloisons;
- pression résultant d'une fuite accidentelle entre compartiments, pour des compartiments adjacents remplis à des pressions de service différentes, si la surpression n'est pas contrôlée;
- possibilité d'apparition d'un défaut interne (voir 5.102).

Pour déterminer la pression de calcul de l'enveloppe, la température du gaz doit être supposée égale à la moyenne des températures maximales de l'enveloppe et du conducteur du circuit principal sous le courant assigné en service continu, à moins que la pression de calcul ne puisse être déduite de résultats d'essais d'échauffement.

Pour les enveloppes et parties d'enveloppes dont la résistance n'a pas été démontrée par calcul, il faut procéder à des essais d'épreuves (voir 6.103).

Les matériaux utilisés dans la construction des enveloppes doivent avoir des caractéristiques mécaniques minimales connues et certifiées, servant de base aux calculs et/ou aux essais d'épreuves. Le constructeur doit être responsable du choix des matériaux et du respect de ces caractéristiques minimales, d'après des certificats des fournisseurs ou d'après des essais effectués par lui-même ou d'après les deux à la fois.

5.104 Cloisons

5.104.1 Conception des cloisons

Les cloisons doivent être utilisées pour séparer les compartiments du PSEM et doivent être étanches au gaz, de sorte que la contamination entre des compartiments adjacents ne puisse pas se produire. Les cloisons doivent être constituées de matériau ayant des propriétés d'isolation et des propriétés mécaniques telles qu'un bon fonctionnement soit assuré sur la durée de vie du PSEM. Les cloisons doivent conserver leur tenue diélectrique à la tension de service lorsqu'elles sont contaminées par des sous-produits du SF₆ créés lors de manœuvre des appareillages ou de la coupure de courants de court-circuit en cas d'élimination de défaut.

La pression de calcul d'une cloison est définie par la situation de maintenance. Lors des activités de maintenance, la cloison est normalement sous pression d'un côté tandis que des travaux de maintenance sont effectués de l'autre côté à la pression atmosphérique. Dans ce cas, la pression à considérer sur le côté de la cloison maintenu sous pression est la pression à la température ambiante maximale en tenant compte des effets des radiations solaires (si applicable) et du courant continu assigné (si applicable). La pression ainsi obtenue est la pression de calcul de la cloison.

Pour des raisons de sécurité, pendant les travaux de maintenance, la pression de gaz peut être réduite jusqu'à un niveau spécifié et contrôlé, au-dessous de la pression assignée de remplissage. Dans ces circonstances, cette pression réduite d'un côté de la cloison peut être utilisée lors de la détermination de la pression de calcul. Des mises en garde et des procédures relatives à la manipulation du gaz doivent être stipulées dans les manuels d'utilisation et de maintenance.

Hormis la pression de calcul, on doit tenir compte des points suivants, lorsqu'ils sont applicables:

- l'évacuation du gaz d'un compartiment d'un côté de la cloison avec l'autre côté sous pression de service normale pendant le processus de remplissage; s'il existe une limitation de différence de pression, ou une limitation temporelle relative à la différence de pression, celle-ci doit être clairement stipulée par le constructeur;
- une augmentation de pression contrôlée, dépassant la pression maximale de gaz d'un côté de la cloison avec l'autre côté sous pression de service pendant les essais électriques sur les équipements et les circuits associés;
- pour les cloisons non symétriques, en ce qui concerne la pression exercée sur la cloison, le sens de la pression la plus sévère;
- vibrations et charges superposées;
- la possibilité de travaux de maintenance effectués au voisinage d'une cloison sous pression, en prenant des précautions particulières pour éviter la rupture de la cloison et le risque de blessures pour le personnel de maintenance.

NOTE Une pression accrue du fait d'un défaut interne n'est pas prise en compte pour établir la pression de calcul, puisque, dans une telle situation, la cloison sera soigneusement examinée, et au besoin, remplacée.

5.104.2 Compartimentage

Le choix du schéma unifilaire électrique est à considérer en premier lieu pour satisfaire aux exigences de continuité de service. Les dispositions d'implantation et l'introduction de

dispositifs de démontage influenceront la continuité de service pendant la maintenance, la réparation et l'extension.

Le compartimentage d'un PSEM est influencé par les exigences de continuité de service pendant la maintenance, la réparation et l'extension. Des exigences locales de santé et de sécurité doivent également être considérées; se référer à l'Article 11.

L'Annexe F donne des lignes directrices pour spécifier la continuité de service.

Le PSEM doit être divisé en compartiments de telle sorte que:

- lors des diverses activités exigeant la mise hors tension de certaines parties du PSEM, les compartiments à mettre hors service se conforment aux exigences de continuité de service de l'utilisateur. Ces activités comprennent:
 - la maintenance,
 - la réparation,
 - l'extension;
- les effets d'un arc à l'intérieur d'un compartiment sont limités à ce compartiment (voir 5.102.1) ;
- la durée de l'indisponibilité en cas de défaillance majeure doit être en accord avec les exigences de continuité de service de l'utilisateur;
- le compartiment de gaz peut être vidé et rempli en un temps raisonnable en considérant que les dispositifs de manipulation de gaz sont disponibles.

NOTE Pour les essais diélectriques sur site (après maintenance, réparation ou extension), se référer au 10.2.101.2.

Les cloisons sont généralement constituées d'un matériau isolant. Elles ne sont pas destinées à assurer la sécurité électrique du personnel. Dans ce but, d'autres moyens, tels que la séparation par une distance de sectionnement et par la mise à la terre de l'équipement, peuvent être nécessaires.

Les cloisons apportent une sécurité mécanique vis-à-vis de la pression de gaz encore présente dans le compartiment adjacent pendant la maintenance, la réparation et l'extension. Pendant ces activités, il convient de considérer d'autres contraintes mécaniques que la pression sur les cloisons, telles que des chocs ou les contraintes mécaniques transitoires dues aux conducteurs, afin de définir les règles de sécurité et éviter les risques pour la santé des personnes.

Lorsqu'un jeu de barres du PSEM est intérieur et extérieur, (par exemple, PSEM installé dans un bâtiment avec des traversées extérieures), le compartiment de gaz peut être équipé d'une cloison positionnée près du mur, séparant ainsi le compartiment entre les environnements intérieurs et extérieurs, pour s'affranchir des fausses alarmes des dispositifs de surveillance de gaz et des phénomènes de condensation se produisant du fait des différences de température entre l'intérieur et l'extérieur.

Chaque compartiment doit être équipé des accessoires suivants:

- vanne de remplissage;
- dispositif de surveillance du gaz (voir 5.9).

Selon la conception du PSEM ou la demande des utilisateurs, chaque compartiment peut être équipé des accessoires suivants:

- dispositif de décharge de pression (voir 5.105.3);
- dessiccateur;
- méthode de localisation de défaut interne (voir 5.102.3).

La Figure 2 illustre la disposition des enveloppes et des cloisons pour divers types de compartiments adjacents.

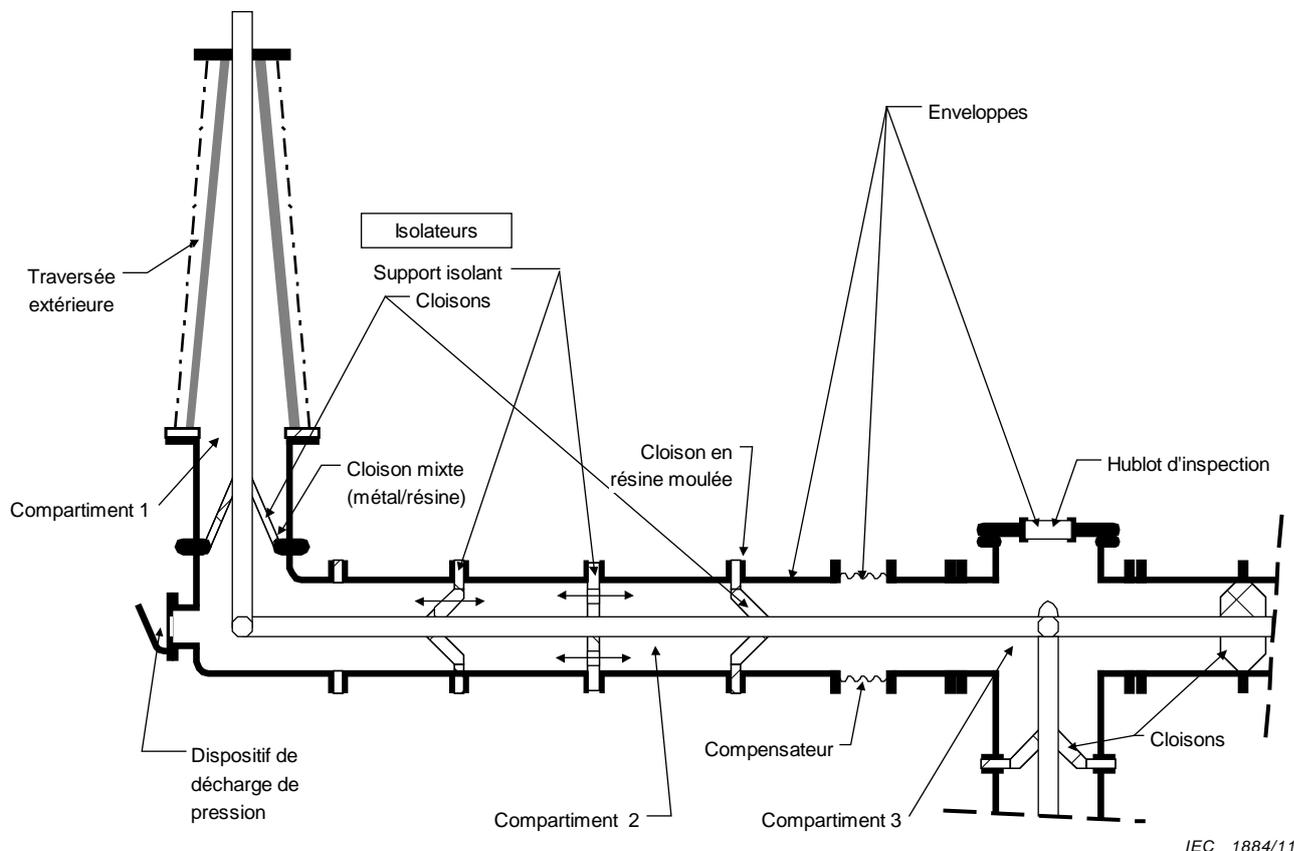


Figure 2 – Exemple de disposition des enveloppes et des compartiments à gaz

5.105 Décharge de pression

Le dispositif de décharge de pression recouvre à la fois des soupapes de décharge caractérisées par une pression d'ouverture et une pression de fermeture, et des dispositifs de décharge de pression sans refermeture, tels que les diaphragmes et les disques de rupture. Les dispositifs de décharge de pression prévus conformément au présent paragraphe doivent être placés de façon à réduire au minimum le danger pour un opérateur pendant qu'il effectue les tâches normales d'exploitation dans le poste à isolation gazeuse, si des gaz ou vapeurs s'échappent sous pression.

5.105.1 Dispositifs de décharge sans refermeture

Comme après un arc dû à un défaut interne les enveloppes endommagées seront remplacées, les dispositifs de décharge de pression sans refermeture n'ont besoin d'être dimensionnés que pour limiter les effets externes de l'arc (voir 5.102.2).

5.105.2 Soupape de décharge de pression

Pour le remplissage d'un compartiment à gaz, une soupape de décharge doit être montée sur le tuyau de remplissage afin d'empêcher que la pression ne dépasse de plus de 10 % la pression de calcul de l'enveloppe durant le remplissage.

Après une ouverture, une soupape de décharge doit se refermer avant que la pression ne soit descendue à 75 % de la pression de calcul.

Il convient que la pression de remplissage soit corrigée pour tenir compte de la température du gaz et de la température ambiante au moment du remplissage.

5.105.3 Limitation de l'élévation de pression en cas de défaut interne

Les dispositifs de décharge de pression protègent contre les surpressions lors d'un défaut interne. Pour des raisons de sécurité, et aussi pour limiter les conséquences d'un défaut interne dans un PSEM, il est recommandé que chaque compartiment soit équipé d'un dispositif de décharge de pression, sauf dans le cas des compartiments à large volume où les surpressions sont limitées à une valeur n'excédant pas la pression d'essai de type. Pour les méthodes de calcul, voir l'Annexe D.

Le dispositif de décharge de pression doit être équipé d'un déflecteur afin de contrôler la direction des émissions, de manière à minimiser le danger vis-à-vis d'un opérateur travaillant en des endroits accessibles durant l'exploitation normale.

Une marge suffisante est nécessaire entre la pression de fonctionnement du dispositif de décharge de pression et la pression de calcul afin d'éviter un fonctionnement intempestif du dispositif de décharge durant des conditions normales d'exploitation. De plus, la pression transitoire apparaissant lors d'une manœuvre (si applicable, par exemple, disjoncteurs) doit être prise en compte pour la détermination de la pression de fonctionnement du dispositif de décharge de pression.

NOTE Dans le cas d'un défaut interne provoquant la déformation plastique d'une enveloppe, il est recommandé de vérifier l'absence de déformation sur les enveloppes des compartiments adjacents.

5.106 Bruit

Il est recommandé que, lors d'une manœuvre, le niveau de bruit émis par l'appareillage ne dépasse pas une valeur spécifiée définie par l'utilisateur. Il convient que le constructeur et l'utilisateur conviennent d'une procédure de vérification (voir les CEI 61672-1 et CEI 61672-2).

5.107 Interfaces

Afin de faciliter les essais sur l'appareillage du PSEM, des dispositifs d'isolation peuvent être inclus dans la conception de chacun des matériels individuels décrits ci-dessous. L'utilisation de ce type de dispositif est préférable au démontage. Pour les traversées extérieures, la connexion du côté haute tension peut être retirée, de préférence du côté extérieur.

Les dispositifs d'isolation doivent être conçus pour supporter les tensions d'essais des matériels individuels décrits ci-dessous.

5.107.1 Connexions par câbles

Se référer à la CEI 62271-209.

Les parties de l'appareillage restant reliées au câble doivent être capables de tenir les tensions d'essai des câbles spécifiées dans les normes particulières des câbles pour la même tension assignée d'équipement.

En général, pendant les essais diélectriques sur des câbles, il convient que les parties adjacentes du PSEM soient mises hors tension et à la terre, sauf si des mesures spéciales sont prises pour éviter que les décharges disruptives survenant dans le câble ne se répercutent sur les parties du PSEM qui sont sous tension.

Il convient que l'emplacement des traversées pour l'essai des câbles soit prévu sur l'enveloppe de raccordement de câble ou sur le PSEM lui-même (voir la CEI 62271-209) ou (pour réduire les pertes par manipulation du SF₆) à l'autre extrémité du câble.

5.107.1.1 Câbles à isolation extrudée

Conformément à la CEI 60840 et à la CEI 62067, les essais électriques après l'installation sont, dans ce cas, des essais de tension en courant alternatif; la partie du PSEM à proximité de l'extrémité de câble peut être soumise à la tension à courant alternatif d'essai du câble.

5.107.1.2 Câble à huile fluide

Conformément à la CEI 60141-1, les essais électriques après l'installation sont, dans ce cas, des essais de tension en courant continu; s'il n'est pas acceptable d'appliquer les tensions d'essai à courant continu de câble au PSEM, des dispositions particulières doivent être prises pour soumettre les câbles aux essais (par exemple, dispositifs de déconnexion et/ou accroissement de la masse volumique du gaz pour l'isolement).

5.107.2 Connexions directes des transformateurs

Se référer à la CEI/TR 61639.

Afin de faciliter les essais des transformateurs, un sectionneur de barre et de mise à la terre peut être prévu dans la conception de la traversée ou du PSEM. Il est recommandé de limiter toute ouverture de compartiment de PSEM pour les essais des transformateurs, afin de réduire les rejets de SF₆ dus à la manipulation de gaz et les durées d'indisponibilité.

5.107.3 Traversées

Se référer à la CEI 60137, aux CEI 60815-1, -2, -3, à la CEI 62155 et à la CEI 61462.

5.107.4 Interfaces pour des extensions futures

Lorsqu'une extension est planifiée, il convient que les emplacements possibles des futures extensions soient mentionnés dans la spécification technique de l'utilisateur.

Dans le cas d'une extension ultérieure avec un autre produit PSEM, et si requis par l'utilisateur, le constructeur doit fournir des informations suffisantes sous forme de dessins afin de permettre la conception d'une interface à un stade ultérieur. Le constructeur et l'utilisateur doivent convenir d'une procédure permettant d'assurer la confidentialité des informations et des détails de conception transmis.

Il convient que les interfaces se limitent uniquement aux jeux de barres et barres omnibus et non à des appareils "actifs" tels que les disjoncteurs ou sectionneurs. Lorsqu'une extension PSEM est planifiée, il est recommandé que l'interface possède les facilités requises pour l'installation et les essais de l'extension, en limitant les sections PSEM existantes devant être soumises à nouveau aux essais, et en permettant aussi la connexion des deux PSEM sans essais diélectriques additionnels (se référer au C.3). Il doit être conçu pour tenir les niveaux d'isolement assignés sur la distance de sectionnement.

6 Essais de type

6.1 Généralités

Le paragraphe 6.1 de la CEI 62271-1 est applicable avec le complément suivant:

Pour les essais de type, on peut utiliser, soit du gaz SF₆ de qualité technique conforme à la CEI 60376, soit du gaz SF₆ usagé, s'il est conforme à la CEI 60480.

En ce qui concerne la manipulation du gaz, la CEI/TR 62271-303 doit être prise en considération.

6.1.1 Groupement des essais

Le paragraphe 6.1.1 de la CEI 62271-1 est applicable avec les compléments suivants:

En règle générale, il convient que les essais sur les matériels individuels du PSEM soient effectués suivant les normes particulières des appareils, sauf lorsqu'une condition d'essai ou spécification d'essai particulière est définie dans la présente norme. Dans un tel cas, les conditions données dans la présente norme doivent être prises en compte.

Les essais de type doivent être effectués sur une unité fonctionnelle complète (unipolaire ou tripolaire) à moins de prescriptions d'essais autrement définies. Lorsque cela n'est pas réalisable, les essais de type peuvent être réalisés sur des ensembles ou sous-ensembles représentatifs.

Il n'est pas possible de soumettre tous les dispositions prévues de l'appareillage à des essais de type, compte tenu de la multiplicité des types, des caractéristiques assignées et des combinaisons possibles des matériels individuels. Les caractéristiques d'une disposition donnée peuvent alors être déduites des résultats obtenus sur des ensembles ou sous-ensembles représentatifs. L'utilisateur doit vérifier que les sous-ensembles soumis aux essais sont bien représentatifs de ses futurs arrangements.

La liste des essais de type et des vérifications est donnée au Tableau 5 ci-dessous. Tel que proposé par la CEI 62271-1, certains essais peuvent être groupés. Un exemple de regroupement possible est indiqué au Tableau 5.

Tableau 5 – Exemple de groupement des essais de type

Essais de type obligatoires		
Groupe		Paragraphe
1	a) Essais de vérification du niveau d'isolement de l'équipement et essais diélectriques des circuits auxiliaires	6.2
-	b) Essais de vérification du niveau de tension de perturbation radioélectrique (si applicable)	6.3
2	c) Essais de vérification de l'échauffement de toute partie de l'équipement et mesurage de la résistance du circuit principal	6.4 et 6.5
3	d) Essais de vérification à la valeur de crête du courant admissible assigné et au courant de courte durée admissible assigné	6.6
3	e) Essais de vérification du pouvoir de fermeture et du pouvoir de coupure des appareils de connexion contenus dans l'équipement	6.101
4	f) Essais de vérification du fonctionnement satisfaisant des appareils de connexion contenus dans l'équipement	6.102.1
*	g) Essais de vérification de la résistance mécanique de l'enveloppe	6.103
4	h) Essais de vérification de la protection procurée par les enveloppes	6.7
4	i) Essais d'étanchéité	6.8
*	j) Essais de compatibilité électromagnétique (CEM)	6.9
4	k) Essais additionnels sur les circuits auxiliaires et de commande	6.10
*	l) Essais sur les cloisons	6.104
4	m) Essais de vérification du fonctionnement satisfaisant aux températures extrêmes	6.102.2
*	n) Essais de vérification des performances des isolateurs soumis aux cycles thermiques et aux essais d'étanchéité	6.106
*	o) Essais de vérification de la corrosion sur les connexions de terre (si applicable)	6.107
*	p) Procédure d'essai des rayonnements X pour les ampoules à vide (si applicable)	6.11
<p>NOTE Il convient d'effectuer tous les essais de type en utilisant le nombre de spécimens d'essai spécifiés au 6.1.1 de la CEI 62271-1:2007 et par les normes applicables à l'appareil. Lorsque l'essai est marqué par un "*", un spécimen d'essai supplémentaire est alloué pour cet essai.</p>		
Essais de type lorsqu'ils sont requis par l'utilisateur (des spécimens supplémentaires peuvent être utilisés)		
Groupe		Paragraphe
*	q) Essais pour évaluer les effets d'un arc dû à un défaut interne	6.105
*	r) Essais de corrosion sur les enveloppes (si applicable)	6.108

6.1.2 Informations pour l'identification des spécimens d'essais

Le paragraphe 6.1.2 de la CEI 62271-1 est applicable.

6.1.3 Informations à inclure dans les rapports d'essais de type

Le paragraphe 6.1.3 de la CEI 62271-1 est applicable.

6.2 Essais diélectriques

Le paragraphe 6.2 de la CEI 62271-1 est applicable avec le complément suivant:

Les essais diélectriques effectués en tant qu'essais de type doivent être suivis d'une mesure de décharges partielles conformément à la procédure décrite en 6.2.9.

6.2.1 Conditions de l'air ambiant pendant les essais

Le paragraphe 6.2.1 de la CEI 62271-1 est applicable avec le complément suivant:

Aucun facteur de correction atmosphérique ne doit être appliqué pour les essais diélectriques sur l'appareillage du PSEM.

6.2.2 Modalités des essais sous pluie

Le paragraphe 6.2.2 de la CEI 62271-1 n'est pas applicable, mais il est nécessaire de noter les points suivants:

- un essai sous pluie est applicable uniquement pour les traversées aériennes;
- la tension d'essai et la procédure d'essai doivent être celles spécifiées dans la CEI 60137.

6.2.3 État de l'appareillage pendant les essais diélectriques

Le paragraphe 6.2.3 de la CEI 62271-1 est applicable.

6.2.4 Conditions de réussite des essais

Le paragraphe 6.2.4 de la CEI 62271-1 est applicable.

NOTE Il est primordial pour l'appareillage du PSEM de vérifier la tenue diélectrique de manière à éliminer les possibilités de défauts internes en service. En conséquence, si une décharge disruptive survient durant les essais de type, il est fortement recommandé de mettre en œuvre tous les moyens permettant de localiser cette décharge, y compris l'ouverture de compartiment, et d'analyser la cause de cette dernière.

6.2.5 Application de la tension d'essai et conditions d'essai

Le paragraphe 6.2.5 de la CEI 62271-1 est applicable avec les compléments suivants:

Les tensions d'essais sont spécifiées aux paragraphes 6.2.6 et 6.2.7.

Lorsque chaque phase est individuellement enfermée dans une enveloppe métallique (conception monophasée), on ne doit effectuer que des essais à la terre et pas d'essai entre phases. Les traversées utilisées pour les connexions externes doivent être soumises à l'essai conformément à leurs normes particulières.

Les enroulements secondaires des transformateurs de courant doivent être court-circuités et mis à la terre pour les essais diélectriques.

L'attention doit être attirée sur la possibilité que les appareils de connexion puissent être dans une position moins favorable en position d'ouverture. Dans un tel cas, l'essai doit être alors répété avec les appareils de connexion en position d'ouverture. Si, en position d'ouverture d'un sectionneur, un écran métallique est interposé entre les contacts ouverts, cet intervalle entre contacts n'est pas considéré comme une distance de sectionnement.

Quand les transformateurs de tension et/ou les parafoudres constituant une partie intégrante de l'appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse possèdent un niveau d'isolement réduit, ils peuvent être remplacés pendant les essais diélectriques par des maquettes reproduisant la répartition du champ dû aux connexions à haute tension. Les dispositifs de protection contre les surtensions doivent être déconnectés ou enlevés pendant les essais. Lorsque l'on adopte ces procédures d'essai, les transformateurs de tension et/ou

les parafoudres doivent être soumis à l'essai séparément, conformément à leurs normes particulières.

Des exigences particulières sont décrites en détail à l'Annexe A.

6.2.5.1 Cas général

Le paragraphe 6.2.5.1 de la CEI 62271-1 est applicable.

6.2.5.2 Cas particulier

Le paragraphe 6.2.5.2 de la CEI 62271-1 est applicable avec les compléments suivants:

Lorsque la tension entre contacts ou sur la distance de sectionnement de l'appareil de connexion ouvert est supérieure à la tension de tenue entre phase et terre, mais égale à la tension de tenue entre phases, la tension d'essai doit être appliquée selon le 6.2.5.2 de la CEI 62271-1.

Pour l'appareillage de $U_r \leq 245$ kV, l'essai sur la distance de sectionnement peut être effectué en appliquant la tension d'essai sur une borne avec l'autre borne mise à la terre, ou selon le 6.2.5.2 de la CEI 62271-1.

Lorsque la tension de tenue entre phases est supérieure à la tension de tenue entre phase et terre, la tension d'essai doit être appliquée conformément à l'Annexe A.

6.2.6 Essais de l'appareillage de $U_r \leq 245$ kV

Les tensions de tenue assignées doivent être celles spécifiées au Tableau 2.

6.2.6.1 Essais de tension à fréquence industrielle

Le paragraphe 6.2.6.1 de la CEI 62271-1 est applicable avec le complément suivant:

Les circuits principaux du PSEM doivent être soumis à des essais de tension à la fréquence industrielle dans la condition à sec seulement.

6.2.6.2 Essais de tension de choc de foudre

Le paragraphe 6.2.6.2 de la CEI 62271-1 est applicable avec le complément suivant:

Si la méthode alternative décrite en 6.2.5.2 de la CEI 62271-1 est utilisée, la tension d'essai doit être celle spécifiée à la colonne (5) du Tableau 2.

6.2.7 Essais de l'appareillage de $U_r > 245$ kV

Les tensions de tenue assignées doivent être celles spécifiées au Tableau 3.

6.2.7.1 Essais de tension à fréquence industrielle

Le paragraphe 6.2.7.1 de la CEI 62271-1 est applicable.

6.2.7.2 Essais à la tension de choc de manœuvre

Le paragraphe 6.2.7.2 de la CEI 62271-1 est applicable avec les compléments suivants:

Les circuits principaux du PSEM doivent être soumis à des essais à la tension de choc de manœuvre dans la condition à sec seulement.

Des exigences d'essais particulières doivent être utilisées pour les essais de tenue aux chocs de manœuvre entre phases, pour l'appareillage triphasé. Elles sont définies en détail à l'Annexe A.

6.2.7.3 Essais de tension de choc de foudre

Le paragraphe 6.2.7.3 de la CEI 62271-1 est applicable.

6.2.8 Essais de pollution artificielle pour les isolateurs d'extérieur

Le paragraphe 6.2.8 de la CEI 62271-1 n'est pas applicable.

6.2.9 Essais de décharges partielles

Les essais de décharges partielles doivent être effectués et les mesurages faits selon la CEI 60270.

L'essai peut être effectué sur les ensembles ou les sous-ensembles de l'équipement utilisés pour tous les autres essais diélectriques.

NOTE Les essais de tension à la fréquence industrielle et les mesures de décharge partielle peuvent être effectués simultanément.

6.2.9.101 Procédure d'essai

La tension à fréquence industrielle appliquée est élevée jusqu'à une valeur de précontrainte égale à l'essai de tension de tenue à la fréquence industrielle et y est maintenue pendant 1 min. Les décharges partielles survenant durant cette période ne doivent pas être prises en considération. On fait ensuite décroître la tension jusqu'à la valeur spécifique définie au Tableau 6, en fonction de la configuration de l'équipement et du type de mise à la terre du réseau.

La tension d'extinction des décharges doit être notée.

Tableau 6 – Tensions d'essai pour la mesure des décharges partielles

	Réseau à neutre mis à la terre		Réseau à neutre isolé non effectivement mis à la terre	
	Tension de précontrainte $U_{\text{précontrainte}}$ (1 min)	Tension d'essai de décharges partielles U_{dp} (>1 min)	Tension de précontrainte $U_{\text{précontrainte}}$ (1 min)	Tension d'essai de décharges partielles U_{dp} (>1 min)
Appareillage monophasé (tension phase-terre)	$U_{\text{précontrainte}} = U_{\text{d}}$	$U_{\text{dp}} = 1,2 U_{\text{r}} / \sqrt{3}$	$U_{\text{précontrainte}} = U_{\text{d}}$	$U_{\text{dp}} = 1,2 U_{\text{r}}$
Appareillage triphasé	$U_{\text{précontrainte}} = U_{\text{d}}$	$U_{\text{dp, ph-ter}} = 1,2 U_{\text{r}} / \sqrt{3}$ $U_{\text{dp, ph-ph}} = 1,2 U_{\text{r}}$	$U_{\text{précontrainte}} = U_{\text{d}}$	$U_{\text{dp, ph-ter}} = 1,2 U_{\text{r}}$
U_{r} :	tension assignée pour équipement.			
U_{d} :	tension d'essai de tenue à la fréquence industrielle définie aux Tableaux 2 et 3.			
$U_{\text{précontrainte}}$:	tension de précontrainte.			
U_{dp} :	tension d'essai de mesure des décharges partielles.			
$U_{\text{dp, ph-ter}}$:	tension d'essai entre phase et terre pour la mesure des décharges partielles.			
$U_{\text{dp, ph-ph}}$:	tension d'essai entre phases pour la mesure des décharges partielles.			

De plus, tous les appareils individuels doivent être soumis aux essais conformément à leurs normes particulières.

6.2.9.102 Intensité maximale admissible des décharges partielles

L'intensité maximale admissible des décharges partielles ne doit pas dépasser 5 pC aux tensions d'essai spécifiées au Tableau 6.

La valeur définie ci-dessus s'applique aux matériels pris individuellement et aux sous-ensembles dont ils font partie. Cependant, des équipements tels que les transformateurs de tension à isolation solide, immergée ou liquide, selon leurs normes particulières, ont une intensité admissible de décharges partielles supérieure à 5 pC. Tout sous-ensemble d'appareillage comportant des matériels individuels ayant une intensité admissible de décharges partielles supérieure à 5 pC doit être considéré comme acceptable si cette intensité n'excède pas 10 pC. Les matériels individuels ayant une intensité admissible de décharges partielles supérieure doivent être soumis à l'essai individuellement et ne doivent faire partie d'aucun sous-ensemble pendant l'essai.

6.2.10 Essais diélectriques des circuits auxiliaires et de commande

Le paragraphe 6.2.10 de la CEI 62271-1 est applicable.

6.2.11 Essai de tension comme essai de vérification d'état

Le paragraphe 6.2.11 de la CEI 62271-1 est applicable avec le complément suivant:

La tension d'essai doit être de 80 % des valeurs des Tableaux 2 et 3, colonnes (2) et (3).

Dans le cas d'appareillage triphasé, les essais doivent être effectués entre contacts ouverts, sur la distance de sectionnement, phase-terre et entre phases.

6.3 Essai de tension de perturbation radioélectrique

Les paragraphes 6.3 et 6.9.1 de la CEI 62271-1 sont applicables avec le complément suivant:

Cet essai n'est applicable qu'aux traversées.

6.4 Mesurage de la résistance des circuits

6.4.1 Circuit principal

Le paragraphe 6.4.1 de la CEI 62271-1 est applicable avec les compléments suivants:

La mesure de la résistance est applicable à tous matériels individuels du PSEM avant et après les essais d'échauffement et les essais de tenue au courant de court-circuit.

Le courant d'essai pour la mesure doit être plus grand ou égal à 100 A en courant continu afin d'obtenir une précision de mesure acceptable.

6.4.2 Circuits auxiliaires

Le paragraphe 6.4.2 de la CEI 62271-1 est applicable.

6.5 Essais d'échauffement

6.5.1 État de l'appareillage à soumettre aux essais

Le paragraphe 6.5.1 de la CEI 62271-1 est applicable.

6.5.2 Disposition de l'appareil

Le paragraphe 6.5.2 de la CEI 62271-1 est applicable avec les compléments suivants:

Sauf dans le cas où chaque phase a une enveloppe métallique monophasée, les essais doivent être faits avec le nombre de phases assigné et le courant assigné en service continu circulant d'une extrémité des barres jusqu'aux bornes prévues pour la connexion des câbles.

Lorsqu'un essai monophasé est autorisé et effectué, le courant dans l'enveloppe doit être le courant assigné.

Pour l'essai de sous-ensembles individuels, il convient que les sous-ensembles voisins soient parcourus par des courants dissipant les puissances prévues pour les conditions assignées. Il est admis de réaliser des conditions équivalentes à l'aide de résistances de chauffage ou d'une isolation thermique, lorsque l'essai ne peut être effectué dans les conditions réelles.

6.5.3 Mesurage de la température et de l'échauffement

Le paragraphe 6.5.3 de la CEI 62271-1 est applicable.

6.5.4 Température de l'air ambiant

Le paragraphe 6.5.4 de la CEI 62271-1 est applicable.

6.5.5 Essai d'échauffement des équipements auxiliaires et de commande

Le paragraphe 6.5.5 de la CEI 62271-1 est applicable.

6.5.6 Interprétation des essais d'échauffement

Le paragraphe 6.5.6 de la CEI 62271-1 est applicable avec le complément suivant:

Dans le cas de l'appareillage pour l'extérieur, le constructeur doit démontrer que l'échauffement des équipements n'excédera pas la limite acceptable pour les conditions de services sélectionnés selon l'Article 2.

NOTE Il convient de considérer l'effet des radiations solaires.

6.6 Essais au courant de courte durée admissible et à la valeur de crête du courant admissible

Le paragraphe 6.6 de la CEI 62271-1 est applicable.

6.6.1 Disposition de l'appareillage et du circuit d'essai

Le paragraphe 6.6.1 de la CEI 62271-1 n'est pas applicable.

L'appareillage triphasé doit être soumis à l'essai en triphasé. L'appareillage monophasé doit être soumis à l'essai en monophasé avec le plein courant de retour dans l'enveloppe.

Les essais doivent être réalisés sur un ensemble représentatif dont il convient qu'ils incluent tous les types de connexions boulonnées, soudées, embrochables ou n'importe quel raccordement, afin de vérifier l'intégrité des matériels individuels du PSEM tels qu'assemblés. Les ensembles soumis aux essais doivent comprendre tous les types de matériel individuel et de sous-ensembles de la fourniture. Les essais doivent être réalisés avec la configuration reproduisant les conditions les plus sévères.

6.6.2 Valeurs du courant d'essai et de sa durée

Le paragraphe 6.6.2 de la CEI 62271-1 est applicable.

6.6.3 Comportement de l'appareillage au cours de l'essai

Le paragraphe 6.6.3 de la CEI 62271-1 est applicable.

6.6.4 État de l'appareillage après l'essai

Le paragraphe 6.6.4 de la CEI 62271-1 est applicable.

6.6.101 Essais des circuits principaux

Après les essais, la mesure de la résistance ne doit pas différer de plus de 20 % de la mesure de référence prise avant l'essai. De plus, les matériels individuels ou les conducteurs intérieurs de l'enveloppe ne doivent montrer ni déformation ni détérioration pouvant être nuisibles au bon fonctionnement.

Les connexions courtes aux transformateurs de tension doivent être considérées comme faisant partie du circuit principal, à l'exception des parties incluses dans le compartiment du transformateur de tension.

6.6.102 Essais des circuits de mise à la terre

Le constructeur doit démontrer par essais ou par calculs, la tenue au courant de courte durée et à la valeur de crête du courant, admissibles assignés des circuits de mise à la terre.

Lorsque des essais de vérification sont demandés par l'utilisateur, les circuits de mise à la terre du PSEM assemblés en usine, et comprenant les conducteurs de terre, les connexions de terre et les dispositifs de mise à la terre, doivent être soumis à l'essai selon leur disposition dans l'appareillage, avec tous les matériels individuels associés qui peuvent influencer sur le comportement ou modifier le courant de court-circuit.

Après l'essai, les matériels individuels ou les conducteurs intérieurs de l'enveloppe ne doivent montrer ni déformation, ni détérioration pouvant nuire au bon fonctionnement du circuit principal. Des déformations et détériorations du conducteur de terre, des connexions de terre ou des appareils de mise à la terre sont acceptables, mais la continuité du circuit de mise à la terre doit être maintenue.

6.7 Vérification de la protection

Le paragraphe 6.7 de la CEI 62271-1 est applicable.

6.7.1 Vérification de la codification IP

Le paragraphe 6.7.1 de la CEI 62271-1 est applicable.

6.7.2 Vérification de la codification IK

Le paragraphe 6.7.2 de la CEI 62271-1 est applicable avec le complément suivant:

La vérification du codage IK n'est pas applicable aux enveloppes sous pression du PSEM.

6.8 Essais d'étanchéité

Le paragraphe 6.8 de la CEI 62271-1 est applicable avec le complément suivant:

Des essais de vérification de l'étanchéité au gaz doivent être réalisés avec les essais des 6.102 et 6.106, pour chaque type de compartiment comprenant des types d'étanchéité caractéristiques du PSEM. Ces essais sont réalisés en tant qu'essais de type pour démontrer que le taux de fuite est conforme au 5.15.101 et n'est pas influencé par les essais de type mécaniques et climatiques.

6.8.1 Systèmes à pression entretenue de gaz

Le paragraphe 6.8.1 de la CEI 62271-1 n'est pas applicable.

6.8.2 Systèmes à pression autonome de gaz

Le paragraphe 6.8.2 de la CEI 62271-1 est applicable.

6.8.3 Systèmes à pression scellés

Le paragraphe 6.8.3 de la CEI 62271-1 est applicable.

6.8.4 Essais d'étanchéité aux liquides

Le paragraphe 6.8.4 de la CEI 62271-1 n'est pas applicable.

6.9 Essais de compatibilité électromagnétique (CEM)

Le paragraphe 6.9 de la CEI 62271-1 est applicable.

6.10 Essais complémentaires sur les circuits auxiliaires et de commande

Le paragraphe 6.10 de la CEI 62271-1 est applicable.

6.11 Procédure d'essai des rayonnements X pour les ampoules à vide

Le paragraphe 6.11 de la CEI 62271-1 est applicable.

6.101 Vérification des pouvoirs de fermeture et de coupure

En vue de vérifier leurs pouvoirs assignés de fermeture et de coupure, les appareils de connexion faisant partie du circuit principal du PSEM doivent être soumis à l'essai conformément aux normes dont ils relèvent et dans les conditions propres d'installation et d'emploi, c'est-à-dire selon leur disposition normale dans l'appareillage, avec tous les matériels individuels associés dont la disposition peut influencer sur leur comportement, tels que connexions, supports, etc.

NOTE Pour déterminer les matériels individuels associés susceptibles d'influer sur le comportement, il est recommandé de porter une attention particulière aux efforts mécaniques dus au court-circuit, à la possibilité de décharges disruptives, etc. Il est reconnu que l'influence de ces facteurs peut être tout à fait négligeable dans certains cas.

6.102 Essais mécaniques et climatiques

6.102.1 Généralités

Les appareils de connexion du PSEM doivent être soumis aux essais d'endurance mécanique et climatique conformément à leurs normes particulières et doivent être soumis aux essais dans un ensemble représentatif de tous les matériels individuels associés pouvant avoir une influence sur les performances, incluant les équipements auxiliaires. Tous les constituants de l'ensemble doivent pouvoir supporter les contraintes dues au fonctionnement des appareils de connexion.

6.102.2 Essais de fonctionnement mécanique à la température ambiante

Des essais de vérification de l'étanchéité au gaz conformément à 6.8 doivent être effectués avant et après les essais d'endurance mécanique pour démontrer l'absence de variation du taux de fuite sous l'influence des essais de type de fonctionnement mécanique.

En addition à l'Annexe E de la CEI 62271-102 :2001, tous les appareils de connexion munis de verrouillages doivent subir 50 cycles de manœuvres en vue de vérifier le fonctionnement des verrouillages associés. Avant chaque manœuvre, les verrouillages doivent être placés dans la position prévue pour empêcher la manœuvre des appareils de connexion et une tentative doit alors être faite pour manœuvrer chacun des appareils de connexion. Pendant ces essais, on ne doit appliquer que les efforts de manœuvre normaux et on ne doit se livrer à aucun réglage sur les appareils de connexion ou les verrouillages.

6.102.3 Essais à basse et haute température

Les essais de fonctionnement aux températures minimale et maximale doivent être réalisés conformément aux normes respectives applicables aux appareils avec les compléments suivants:

Après les cycles d'essai, les éléments suivants doivent être consignés:

- la pression du gaz contenu dans l'enveloppe;
- la fuite de gaz sur une durée de 24 h.

6.103 Épreuves des enveloppes

6.103.1 Généralités

Des épreuves sont effectuées quand la résistance de l'enveloppe ou de parties de celle-ci n'est pas calculée. Elles sont effectuées sur les enveloppes seules sans équipement interne, avec des conditions d'essais reproduisant les contraintes dues à la pression de calcul.

Les épreuves peuvent prendre la forme soit d'un essai destructif sous pression, soit d'un essai non destructif sous pression, suivant le matériau utilisé. Pour plus d'informations, consulter la Bibliographie.

6.103.2 Essai destructif sous pression

L'augmentation de pression ne doit pas être supérieure à 400 kPa/min.

Les exigences de pression d'essai doivent atteindre au moins les valeurs suivantes:

Enveloppes en alliage d'aluminium coulé et en alliage d'aluminium

- pression d'essai de type = $[3,5 / 0,7] \times$ pression de calcul

NOTE Le coefficient de 0,7 a été prévu pour tenir compte des dispersions possibles des caractéristiques des pièces de fonderie. Il est permis de porter sa valeur à 1,0 si cela peut être justifié par des essais spéciaux sur les matériaux.

Enveloppes en aluminium soudé et enveloppes en acier soudé

- pression d'essai de type = $[(2,3 / \nu) \times (\sigma_t / \sigma_a)] \times$ pression de calcul

où

ν est le coefficient de soudure (1 pour inspection par ultrason ou par radiographie de 10 % de la longueur de toutes les soudures et 0,75 pour inspection visuelle);

σ_t est la contrainte admissible à la température de l'essai;

σ_a est la contrainte admissible à la température de calcul.

Ces facteurs sont fixés par rapport aux caractéristiques minimales certifiées des matériaux utilisés.

D'autres facteurs peuvent être nécessaires pour tenir compte des méthodes de construction.

Toute enveloppe demeurée intacte après avoir été soumise à ces pressions ne doit pas être utilisée pour une exploitation normale.

6.103.3 Essai non destructif sous pression

Dans le cas d'un essai non destructif sous pression par mesurage des déformations locales, la procédure suivante doit être appliquée:

Avant l'essai, des extensomètres permettant de détecter des déformations de 5×10^{-5} mm/mm doivent être fixés à la surface de l'enveloppe. Le nombre d'extensomètres, leur position et leur direction doivent être choisis de façon que les déformations et les contraintes principales puissent être mesurées à tous les endroits importants pour l'intégrité de l'enveloppe.

La pression hydraulique doit être augmentée progressivement, par paliers d'environ 10 %, jusqu'à la pression d'essai normalisée correspondant à la pression de calcul souhaitée (voir 7.101) ou jusqu'à la déformation plastique notable d'une partie quelconque de l'enveloppe.

Lorsque l'un ou l'autre des stades est atteint, la pression ne doit plus être augmentée.

Les indications des extensomètres doivent être relevées pendant la montée en pression et de nouveau pendant la descente de pression.

L'indication d'une déformation permanente localisée peut être négligée sous réserve qu'il n'y ait aucun signe de déformation générale de l'enveloppe.

Si la courbe des déformations en fonction de la pression n'est pas linéaire, la pression peut être de nouveau appliquée au maximum cinq fois jusqu'à ce que les courbes de montée et de descente de pression correspondant à deux cycles successifs coïncident de façon substantielle. Si cette coïncidence n'est pas obtenue, la pression de calcul et la pression d'essai doivent être déterminées à partir du domaine de pression correspondant à la partie linéaire de la courbe pendant la dernière descente de pression.

Si la pression d'essai normalisée est atteinte avec une variation linéaire des déformations en fonction de la pression, on doit considérer que la pression de calcul souhaitée est confirmée.

Si la pression finale d'essai ou le domaine de pression correspondant à la partie linéaire de la courbe des déformations en fonction de la pression (voir ci-dessus) sont inférieurs à la pression d'essai normalisée, la pression de calcul doit être déterminée d'après la formule suivante:

$$p = \frac{1}{1,1 k} \left(p_y \frac{\sigma_a}{\sigma_t} \right)$$

où

p est la pression de calcul;

p_y est la pression à laquelle est apparue une déformation plastique notable, ou le domaine de pression correspondant à la partie linéaire de la courbe des déformations en fonction de la pression pour la partie de l'enveloppe la plus déformée au cours de la dernière descente de pression (voir ci-dessus);

k est le facteur de pression d'essai normalisée (voir 7.101);

σ_t est la contrainte admissible à la température de l'essai;

σ_a est la contrainte admissible à la température de calcul.

6.104 Essai de pression des cloisons

Cet essai a pour but de démontrer le facteur de sécurité des cloisons soumises à une pression en condition de service.

Les cloisons doivent être installées comme pour une opération de maintenance. La pression doit être augmentée jusqu'à la rupture à une vitesse d'accroissement ne dépassant pas 400 kPa/min.

La pression atteinte durant l'essai de type doit être supérieure à 3 fois la pression de calcul.

6.105 Essai en cas d'arc dû à un défaut interne

La démonstration de conformité des performances définies en 5.103.2 doit être faite par le constructeur à la demande de l'utilisateur. La démonstration peut être un essai selon des modalités ou des calculs basés sur des résultats d'essais réalisés sur des arrangements similaires ou par une combinaison des deux.

Lorsqu'un essai est requis, la procédure d'essai doit être conforme à la méthode décrite à l'Annexe B.

Il convient que le courant de court-circuit appliqué pendant l'essai d'arc corresponde au courant de courte durée admissible assigné, ou, dans quelques utilisations d'appareillage dans des réseaux à neutre isolé, il peut être limité au courant de défaut à la terre apparaissant dans de tels réseaux.

Deux interprétations sont faites: la première concerne le comportement de l'équipement pendant le fonctionnement de la protection de premier stade (principale), la seconde concerne le cas où le défaut est éliminé par le fonctionnement de la protection de second stade (de secours).

De manière à vérifier ces deux interprétations, la durée de l'essai doit être au moins égale au temps de délai de fonctionnement du second stade de protection. Le réglage maximum pour le fonctionnement du second stade est défini au Tableau 4. Un délai plus court peut être utilisé, s'il n'est pas inférieur au délai de fonctionnement de la protection de second stade défini par l'utilisateur.

L'appareillage doit être réputé adéquat, si les critères de performance définis au Tableau 4 sont satisfaits.

6.106 Essais sur les isolateurs

6.106.1 Généralités

Les essais sur les isolateurs (cloisons et isolateurs supports) doivent être réalisés selon les modalités suivantes:

6.106.2 Cyclage thermique

Les performances thermiques de chaque type d'isolateurs doivent être vérifiées en soumettant 5 isolateurs à 10 cycles thermiques chacun. Il convient que les températures soient basées sur les conditions de service choisies à partir du Tableau 1.

Le cycle thermique doit être le suivant:

- a) 4 h à la température ambiante minimale (par exemple, -40 °C);
- b) 2 h à la température ambiante;
- c) 4 h à la température limite selon le Tableau 3 de la CEI 62271-1 (par exemple, $+105\text{ °C}$);
- d) 2 h à la température ambiante.

Les durées des cycles thermiques indiquées sont des durées minimales et doivent être augmentées au cas où l'équilibre de température n'est pas atteint.

Après la séquence d'essais, tous les isolateurs doivent être soumis aux essais individuels de série suivant les 7.1, 7.5 et 7.104.

6.106.3 Essai d'étanchéité des cloisons

Un essai de tenue à une surpression doit être réalisé selon les modalités suivantes:

La pression de calcul doit être appliquée sur un côté de la cloison tandis que le compartiment adjacent est sous vide afin de vérifier l'étanchéité de la cloison. Le taux de fuite dans le compartiment sous vide est mesuré sur une période de 24 h.

A la fin de l'essai, aucun dommage ne doit être observé sur la cloison. Un essai d'étanchéité conformément à 6.8 doit être effectué. Le taux de fuite mesuré ne doit pas dépasser le taux admissible spécifié en 5.15.

6.107 Essai de corrosion sur les connexions de terre

6.107.1 Généralités

Pour les applications extérieures ou à la demande de l'utilisateur, un essai de vérification de la corrosion doit être effectué selon les modalités définies ci-dessous.

Les sous-ensembles soumis à l'essai doivent être représentatifs d'une configuration du PSEM, incluant les dispositifs assurant la continuité électrique et la mise à la terre de l'enveloppe, les accessoires (dispositif de surveillance de la pression, dispositif de décharge de pression) et les systèmes secondaires, tels que décrit en 5.20 de la CEI 62271-1.

L'essai d'une connexion de terre représentative est considéré comme suffisant.

6.107.2 Procédure d'essai

Le sous-ensemble doit être soumis à un essai environnemental Ka (brouillard salin) conformément à la CEI 60068-2-11. La durée de l'essai est de 168 h.

De plus, pour les surfaces peintes, la résistance à l'atmosphère humide contenant des dioxydes de soufre doit être vérifiée conformément à l'ISO 3231.

6.107.3 Conditions de réussite de l'essai

La mesure de la résistance de la mise à la terre de l'enveloppe effectuée après l'essai conformément à 6.4.1 ne doit pas différer de plus de 20 % de la mesure de référence prise avant l'essai.

Après l'essai, l'état du sous-ensemble ne doit pas empêcher le démontage de ce dernier. Il convient que le degré de corrosion, s'il y en a un, soit noté dans le rapport d'essai. Aucune trace de dégradation ne doit être observée sur les surfaces peintes.

6.108 Essais de corrosion sur les enveloppes

Pour des informations concernant les conditions de service et les exigences d'essai recommandées, se référer à l'Annexe H de la CEI 62271-1.

7 Essais individuels de série

L'Article 7 de la CEI 62271-1 est applicable avec les compléments suivants:

Pour les essais individuels de série, on peut utiliser, soit du gaz SF₆ de qualité technique conforme à la CEI 60376, soit du gaz SF₆ usagé, s'il est conforme à la CEI 60480. Voir 5.2.

Les essais individuels de série doivent être effectués sur tous les matériels individuels du poste. Selon la nature des essais, certains d'entre eux peuvent être réalisés sur les matériels individuels, sur les unités de transport ou sur l'installation complète. Les essais individuels permettent de s'assurer que le produit est conforme à l'équipement sur lequel les essais de type ont été effectués.

Les essais individuels suivants doivent être réalisés:	Paragraphe
a) Essai diélectrique du circuit principal	7.1
b) Essais des circuits auxiliaires et de commande	7.2
c) Mesurage de la résistance du circuit principal	7.3
d) Essais d'étanchéité	7.4
e) Contrôles visuels et du modèle	7.5
f) Essais de pression des enveloppes	7.101
g) Essais de fonctionnement mécanique	7.102
h) Essais des circuits auxiliaires, de l'équipement et des verrouillages du mécanisme d'entraînement	7.103
i) Essai de pression des cloisons	7.104

7.1 Essai diélectrique du circuit principal

Le paragraphe 7.1 de la CEI 62271-1 est applicable.

7.1.101 Essais de tension à fréquence industrielle du circuit principal

L'essai de tension à fréquence industrielle du circuit principal du PSEM doit être effectué à la terre, entre phases (s'il y a lieu) et entre contacts des appareils de connexion ouverts, suivant les exigences du 6.2.6.1 ou du 6.2.7.1. L'essai de tension, entre les contacts de l'appareil de connexion ouvert, peut être effectué d'un seul côté de celui-ci. Les tensions de tenue pour les essais individuels de série doivent être celles qui sont spécifiées aux Tableaux 2 et 3, colonne (2).

Les essais doivent être effectués à la pression minimale pour l'isolement.

7.1.102 Mesure des décharges partielles

La mesure des décharges partielles doit être effectuée comme essai individuel pour détecter les anomalies possibles de matière ou de fabrication.

L'essai doit être effectué conformément à 6.2.9.

Les mesures des décharges partielles doivent être effectuées avec les essais diélectriques et après les essais individuels de fonctionnement mécanique.

L'essai doit être effectué sur tous les matériels individuels d'un appareillage. Ils peuvent être réalisés sur l'appareillage complet, si applicable, ou sur des unités de transport ou sur des matériels individuels. Les matériels individuels ne contenant pas d'isolation solide peuvent être exemptés de ces essais.

7.2 Essais des circuits auxiliaires et de commande

Le paragraphe 7.2 de la CEI 62271-1 est applicable.

7.3 Mesurage de la résistance du circuit principal

Le paragraphe 7.3 de la CEI 62271-1 est applicable avec le complément suivant:

Des mesurages globaux sont effectués en usine sur les unités de transport ou des sous-ensembles. Les mesurages doivent, si possible, être réalisés de manière qu'une comparaison puisse être faite avec les mesures réalisées après l'installation sur le site, durant une opération de maintenance ou après une réparation.

7.4 Essai d'étanchéité

Le paragraphe 7.4 de la CEI 62271-1 est applicable.

7.5 Contrôles visuels et du modèle

Le paragraphe 7.5 de la CEI 62271-1 est applicable.

7.101 Essais de pression des enveloppes

Des essais de pression doivent être effectués sur toutes les enveloppes après construction.

La pression d'essai normalisée doit être égale à k fois la pression de calcul, le facteur k étant égal à:

- 1,3 pour les enveloppes d'aluminium soudées et les enveloppes d'acier soudées,
- 2 pour les enveloppes d'aluminium moulées et les enveloppes d'aluminium composites.

La pression d'essai doit être maintenue pendant 1 min au moins.

Il convient qu'aucune rupture de l'enveloppe ou déformation ne survienne durant l'essai.

7.102 Essais de fonctionnement mécanique

Les essais de fonctionnement sont effectués pour s'assurer que les appareils de connexion satisfont aux conditions de manœuvre prescrites et que les verrouillages mécaniques fonctionnent correctement.

Les appareils de connexion du PSEM doivent être soumis à un essai individuel de série de fonctionnement mécanique conformément à leurs normes particulières. L'essai peut être réalisé avant ou après l'assemblage des unités de transport.

De plus, tous les appareils de connexion munis de verrouillages doivent subir cinq cycles de manœuvres en vue de vérifier le fonctionnement des verrouillages associés. Avant chaque manœuvre, une tentative doit être faite pour manœuvrer chaque appareil de connexion comme spécifié en 6.102.

NOTE Les verrouillages mécaniques peuvent être vérifiés sur site, selon la taille des matériels individuels de transport fournis.

Pendant ces essais, qui sont effectués sans tension, ni courant, dans les circuits principaux, on doit vérifier en particulier que les appareils de connexion s'ouvrent et se ferment correctement dans les limites spécifiées de la tension et de la pression d'alimentation de leurs dispositifs de manœuvre.

7.103 Essais des circuits auxiliaires, de l'équipement et des verrouillages du mécanisme d'entraînement

Tous les équipements auxiliaires doivent être soumis aux essais par vérification de leur fonctionnement et par vérification de la continuité de leur câblage. Les réglages des relais ou capteurs doivent être vérifiés.

Les verrouillages électriques, pneumatiques et autres, et les dispositifs de commande à séquence de manœuvre prédéterminée doivent être soumis à l'essai cinq fois de suite, dans les conditions prévues d'emploi et de fonctionnement, pour les valeurs limites les plus défavorables de la source auxiliaire. Pendant l'essai, on ne doit effectuer aucun réglage.

Les essais sont considérés comme satisfaisants, si les dispositifs auxiliaires ont fonctionné correctement, s'ils sont en bon état de fonctionnement après les essais, et si l'effort nécessaire à la manœuvre de l'appareil de connexion est pratiquement le même avant et après les essais.

7.104 Essai de pression des cloisons

Chaque cloison doit être soumise à un essai de résistance sous pression à deux fois la pression de calcul, pendant 1 min.

Pour cet essai, la cloison doit être fixée exactement comme en service.

La cloison ne doit pas présenter de trace de fatigue ou de fuite.

8 Guide pour le choix de l'appareillage

L'Annexe E donne un résumé des considérations permettant de spécifier les caractéristiques assignées de l'appareillage.

NOTE Le document CIGRE 125, donné dans la Bibliographie, décrit les directives générales de sélection d'un appareillage à isolation gazeuse.

8.1 Choix des valeurs assignées

Le paragraphe 8.1 de la CEI 62271-1 est applicable avec le complément suivant:

Il convient de choisir les valeurs assignées parmi celles de l'Article 4 de la présente norme.

8.2 Surcharge continue ou temporaire due à une modification des conditions de service

Le paragraphe 8.2 de la CEI 62271-1 est applicable.

9 Renseignements à donner dans les appels d'offres, les soumissions et les commandes

L'Article 9 de la CEI 62271-1 est applicable avec le complément suivant:

L'Annexe E définit, sous forme de tableaux, les informations techniques qui doivent être échangées entre utilisateurs et fournisseurs.

9.1 Renseignements dans les appels d'offres et les commandes

Le paragraphe 9.1 de la CEI 62271-1 est applicable.

9.2 Renseignements pour les soumissions

Le paragraphe 9.2 de la CEI 62271-1 est applicable avec le complément suivant:

- e) Liste des outils qu'il est recommandé à l'utilisateur de se procurer.

10 Transport, stockage, installation, manœuvre et maintenance

L'Article 10 de la CEI 62271-1 est applicable.

10.1 Conditions à respecter pendant le transport, le stockage et l'installation

Le paragraphe 10.1 de la CEI 62271-1 est applicable.

10.2 Installation

Le paragraphe 10.2 de la CEI 62271-1 est applicable avec le complément suivant:

Le paragraphe 10.2.1 de la CEI 62271-1 n'est pas applicable.

10.2.101 Essais après installation sur le site

10.2.101.1 Généralités

L'appareillage du PSEM doit être soumis aux essais après installation et avant la mise en service pour s'assurer du bon fonctionnement et de la tenue diélectrique de l'équipement.

Ces essais et vérifications comprennent ce qui suit:	Paragraphe
a) essais diélectriques des circuits principaux	10.2.101.2
b) essais diélectriques des circuits auxiliaires	10.2.101.3
c) mesurage de la résistance du circuit principal	10.2.101.4
d) essais d'étanchéité	10.2.101.5
e) contrôles et vérifications	10.2.101.6
f) contrôle de la qualité du gaz	10.2.101.7

Pour limiter les perturbations au minimum, ainsi que pour réduire les risques d'introduction d'humidité et de poussières dans les enveloppes pouvant empêcher le bon fonctionnement de l'appareillage, aucune inspection périodique obligatoire concernant les enveloppes et aucun essai de pression ne sont spécifiés ni recommandés après la mise en service du poste. Dans tous les cas, on doit se référer aux notices du constructeur.

Il est recommandé que le constructeur et l'utilisateur conviennent d'un plan d'inspection et d'essais sur site.

10.2.101.2 Essais diélectriques des circuits principaux

10.2.101.2.1 Généralités

Parce qu'elle est d'une importance capitale pour les PSEM, l'intégrité diélectrique doit être vérifiée afin d'éliminer les anomalies fortuites susceptibles de provoquer ultérieurement un défaut interne (mauvais assemblage, dommages pendant la manutention, le transport, le stockage et l'installation, présence de corps étrangers, etc.).

En raison de leur objectif différent, ces essais ne doivent pas remplacer les essais de type ou les essais individuels qui sont réalisés sur les unités de transport et, chaque fois que cela est possible, en usine. Ils complètent les essais diélectriques individuels avec pour objectif de vérifier l'intégrité diélectrique de l'installation achevée et de détecter les anomalies, comme indiqué ci-dessus. Normalement, l'essai diélectrique doit être réalisé après que l'appareillage a été entièrement assemblé et rempli de gaz à la masse volumique assignée, de préférence à la fin de tous les essais sur site dans le cas d'une nouvelle installation. Il est recommandé de réaliser également un tel essai diélectrique après tout démontage important pour maintenance ou reconditionnement de compartiments. Ces essais doivent être distingués de la montée progressive en tension réalisée afin de créer un certain conditionnement électrique de l'équipement avant mise en service.

La réalisation sur le site de tels essais n'est pas toujours pratique et certaines dérogations aux normes d'essai peuvent être acceptées. Le but de ces essais est de proposer un contrôle final avant la mise sous tension. Il est très important que la procédure d'essai choisie ne mette pas en péril les parties saines de l'appareillage, voir C.3.

En choisissant une méthode d'essai appropriée, pour chaque cas individuel, un accord particulier peut être nécessaire pour des raisons de commodité et d'économie: par exemple, les exigences en puissance électrique, les dimensions et la masse des équipements d'essais peuvent devoir être considérées.

Le constructeur et l'utilisateur doivent convenir du programme détaillé des essais diélectriques sur le site.

10.2.101.2.2 Procédure d'essai

L'appareillage doit être complètement monté et rempli de gaz à la masse volumique assignée.

Certaines parties peuvent être déconnectées pour l'essai, soit à cause de leur courant de charge important, soit à cause de leur effet de limitation de la tension, comme:

- les câbles haute tension et les lignes aériennes;
- les transformateurs de puissance et occasionnellement les transformateurs de tension;
- les parafoudres et les éclateurs de protection.

NOTE 1 Pour déterminer les parties pouvant être déconnectées, il convient d'attirer l'attention sur le fait que l'opération de reconnexion peut provoquer des défauts après la fin des essais.

NOTE 2 Les transformateurs de mesure de tension peuvent rester connectés pendant l'essai à condition d'éviter la saturation du transformateur de tension, par exemple en utilisant des transformateurs de tension conçus pour cette tension d'essai ou en réalisant les essais à fréquence industrielle à une fréquence où la saturation ne se produit pas.

Toute partie de PSEM nouvellement installée doit être soumise, sur le site, à un essai diélectrique.

Généralement, en cas d'extension, la partie adjacente existante de l'appareillage doit être mise hors tension et à la terre pendant l'essai diélectrique, sauf si des mesures spéciales sont prises pour éviter que des décharges disruptives survenant dans l'extension ne se répercutent sur la partie sous tension de l'appareillage existant.

Il peut être nécessaire d'appliquer la tension d'essai après réparation ou maintenance de parties importantes ou après installation d'extensions. On peut alors être obligé d'appliquer la tension d'essai à des parties existantes pour essayer toutes les sections concernées. Dans ce cas-là, il est recommandé de suivre la même procédure que pour un appareillage nouvellement installé.

10.2.101.2.3 Procédures d'essai diélectrique

Une des procédures d'essai suivantes doit être utilisée:

a) Procédure A (recommandée pour 170 kV et moins):

Essai de tension à fréquence industrielle pendant une durée d'une minute à la valeur spécifiée dans le Tableau 7, colonne (2).

b) Procédure B (recommandée pour 245 kV et plus):

- Essai de tension à fréquence industrielle pendant une durée d'une minute à la valeur spécifiée dans le Tableau 7, colonne (2); et
- mesure des décharges partielles conformément au Tableau 6, mais avec $U_{\text{précontrainte}} = U_{\text{ds}}$ du Tableau 7, colonne (2).

Dans quelques cas, lorsque U_{dp} est supérieure à $U_{\text{précontrainte}}$, U_{dp} doit être réduite à $U_{\text{précontrainte}}$.

Une mesure de décharge partielle à $U_r / \sqrt{3}$ est également recommandée étant donné que cette mesure peut aider à décider de la nécessité d'une maintenance de l'appareille après une période de service.

Pour les modalités pratiques de mesure des décharges partielles, voir l'Annexe C.

c) Procédure C (recommandée pour 245 kV et plus, alternative à la procédure B):

- Essai de tension à fréquence industrielle pendant une durée d'une minute à la valeur spécifiée dans le Tableau 7, colonne (2); et
- essais de choc de foudre avec trois chocs de chaque polarité à la valeur spécifiée dans le Tableau 7, colonne (4).

10.2.101.2.4 Tensions d'essai

Considérant que:

- les unités de transport ont normalement subi l'essai individuel de série,
- la probabilité de décharges disruptives est plus grande dans une installation complète que sur des unités fonctionnelles séparées,
- les décharges disruptives doivent être évitées dans un compartiment correctement installé,

la tension d'essai pour les essais diélectriques sur le site doit être telle qu'elle est indiquée dans le Tableau 7.

Tableau 7 – Tensions d’essais sur site

Tension assignée pour l'équipement U_r kV (valeur efficace)	Tension d'essai de tenue de courte durée à fréquence industrielle sur site U_{ds} kV (valeur efficace)	Tension d'essai de tenue au choc de manœuvre sur site U_{ss} kV (valeur de crête)	Tension d'essai de tenue au choc de foudre sur site U_{ps} kV (valeur de crête)
(1)	(2) (voir Note 1)	(3)	(4)
72,5	120	-	260
100	165	-	360
123	200	-	440
145	235	-	520
170	270	-	600
245	380	-	840
300	380	680	840
362	425	760	940
420	515	840	1 140
550	560	940	1 240
800	760	1 140	1 680

NOTE 1 Les valeurs de la colonne (2) ne sont applicables qu'à l'isolation SF₆ ou lorsque SF₆ est la partie majeure du mélange de gaz. Pour d'autres isolations, se référer aux Tableaux 1 et 2 de la CEI 62271-1, en appliquant un facteur 0,8 sur la colonne (2).

NOTE 2 Les valeurs des tensions d'essai sur site ont été calculées de la façon suivante:
 U_{ds} (valeur d'essai site) = $U_p \times 0,45 \times 0,8$ (colonne (2))
 U_{ss} (valeur d'essai site) = $U_s \times 0,8$ (colonne (3))
 U_{ps} (valeur d'essai site) = $U_p \times 0,8$ (colonne (4))
 Toutes les valeurs ont été arrondies au 5 kV supérieurs.

NOTE 3 Si d'autres niveaux d'isolement que les valeurs préférentielles des Tableaux 2 et 3 sont spécifiés (par exemple les niveaux d'isolement plus faibles des Tableaux 1 et 2 de la CEI 62271-1), alors il convient que la tension d'essai sur site soit calculée selon la Note 2.

Dans certains cas, pour des raisons techniques ou pratiques, les essais diélectriques sur le site peuvent être réalisés avec des valeurs de tension réduites. Des informations détaillées sont données en C.3.

10.2.101.2.5 Formes d'ondes

Pour choisir une forme d'onde appropriée, il convient de tenir compte de la CEI 60060-1; cependant, des formes similaires sont aussi acceptables. Il n'existe pas de forme d'onde idéale qui couvrirait toutes les exigences. Des divergences admissibles sont indiquées ci-après. Des informations sur les moyens de produire les tensions d'essai sont données en C.1.

a) Essais de tension à fréquence industrielle

Les essais de tension à fréquence industrielle sont particulièrement sensibles pour détecter des contaminations (par exemple des particules conductrices libres de se déplacer) et, dans la plupart des cas, suffisent pour détecter des configurations anormales du champ électrique.

L'expérience actuelle correspond à des fréquences d'essai comprises entre 10 Hz et 300 Hz.

b) Essais de tension de choc

- 1) Les essais de tension de choc de foudre sont particulièrement sensibles pour détecter des configurations anormales de champ électrique (par exemple électrodes endommagées).

Sur la base de l'expérience acquise à ce jour, des tensions de choc de foudre peuvent être acceptées avec une durée de front jusqu'à 8 μ s. Quand on utilise des tensions oscillantes de choc de foudre, la durée de front peut être acceptable jusqu'à environ 15 μ s.

NOTE Il convient de tenir compte des réflexions dues aux ondes à front raide dans les grandes installations.

- 2) Les essais de tension de choc de manœuvre peuvent être utilisés, en particulier pour les tensions U_r les plus élevées, afin de détecter la présence de contaminations ou de configurations anormales de champ, avec un équipement d'essai relativement simple.

Selon l'expérience existante, des chocs de manœuvre de forme apériodique ou oscillante et ayant une durée jusqu'à la crête, comprise entre 150 μ s et 10 ms, conviennent.

c) Essais de tension continue

Un essai de tension continue n'est pas recommandé. Les spécifications existantes relatives aux câbles ne sont pas applicables à l'appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse (se référer à 5.107.1).

10.2.101.2.6 Application de la tension

La source de tension peut être reliée à un endroit convenable quelconque du conducteur de la phase en essai.

Il est souvent pratique de diviser en plusieurs parties l'installation complète de l'appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse en ouvrant des disjoncteurs et/ou des sectionneurs pour l'une au moins des raisons suivantes:

- limiter la charge capacitive de la source de tension d'essai,
- aider à localiser des décharges disruptives,
- limiter l'énergie de décharge si une décharge disruptive se produit.

Les parties qui dans de tels cas ne sont pas soumises à l'essai et qui sont isolées de la partie en essai par un disjoncteur ou un sectionneur doivent être mises à la terre. Aucun essai diélectrique entre contacts ouverts des appareils de connexion n'est nécessaire sur le site, sauf s'il y a un démontage après l'essai individuel de série.

Dans le cas d'appareillage triphasé, la tension d'essai spécifiée doit être appliquée entre chaque conducteur de phase, à tour de rôle, et l'enveloppe, les autres conducteurs de phase étant reliés à l'enveloppe mise à la terre. L'isolation entre les conducteurs de phases ne doit être soumise à aucun autre essai diélectrique distinct sur le site.

10.2.101.2.7 Évaluation de l'essai

On doit considérer que l'appareillage a subi l'essai de façon satisfaisante, si chaque partie a supporté la tension d'essai spécifiée sans aucune décharge disruptive.

Lorsqu'une décharge disruptive se produit pendant les essais diélectriques sur le site, les essais doivent être répétés.

Un guide pour la reprise d'essais est donné en C.6.

Si la procédure B est utilisée et si les décharges partielles sont mesurées par la méthode conventionnelle décrite par la CEI 60270, le niveau maximum admissible des décharges partielles doit être de 10 pC.

NOTE 1 Il peut être difficile d'avoir un bruit de fond de moins de 5 pC sur site. Un soin particulier doit être porté au circuit d'essai pour réaliser une bonne mesure. Si le bruit de fond est plus élevé que 5 pC, l'essai est toujours valide pour détecter des défauts importants, mais ne permet plus de détecter des particules fixes puisque ce type de défaut génère des niveaux de décharges partielles très bas et qui sont complètement masqués par le bruit de fond. Dans de telles circonstances, l'essai est acceptable, si aucune décharge n'est détectée au-dessus du niveau de bruit.

NOTE 2 Si des méthodes d'essai à très hautes ou ultra hautes fréquences ou des méthodes de mesure des décharges partielles acoustiques sont utilisées, l'étalonnage n'est pas réalisable. En remplacement, un contrôle de sensibilité selon C.7.5 peut être réalisé.

10.2.101.3 Essais diélectriques des circuits auxiliaires

Le paragraphe 7.2 de la CEI 62271-1 est applicable avec le complément suivant:

Il convient que les essais diélectriques soient appliqués à des circuits nouvellement câblés. Si des circuits doivent être démontés ou comportent des équipements électroniques, ces circuits ne doivent pas être soumis à l'essai.

10.2.101.4 Mesurage de la résistance du circuit principal

Des mesures globales doivent être faites sur l'installation complète, dans des conditions aussi proches que possible des conditions dans lesquelles les essais individuels de série ont été réalisés sur les unités de transport.

Les résistances mesurées ne doivent pas dépasser les valeurs maximales admises fixées pour les essais individuels des unités de transport (voir 7.3) en tenant compte des différences des deux dispositions (nombre d'appareils, de contacts, de raccords, longueur des conducteurs, etc.).

10.2.101.5 Essais d'étanchéité

Le paragraphe 7.4 de la CEI 62271-1 est applicable également aux essais d'étanchéité réalisés sur le site.

Un contrôle qualitatif de l'étanchéité au gaz doit être réalisé pour tous les raccordements assemblés sur le site. Un détecteur de fuites peut être utilisé.

10.2.101.6 Contrôles et vérifications

Les points suivants doivent être vérifiés:

- a) conformité de l'ensemble avec les dessins et les instructions du constructeur;
- b) étanchéité de tous les raccords de tuyauterie et serrage des boulons et connexions;
- c) conformité du câblage avec les schémas;
- d) fonctionnement correct des verrouillages électriques, pneumatiques ou autres;
- e) fonctionnement correct des équipements de commande, de mesure, de protection et de réglage, y compris le chauffage et l'éclairage.

Les contrôles et essais de fonctionnement mécanique doivent être réalisés conformément aux normes applicables. Si ces vérifications ne sont pas normalisées, le constructeur doit les définir dans le programme d'essai de mise en service.

10.2.101.7 Contrôles de la qualité du gaz

La mesure du taux d'humidité doit être réalisée au moins 5 jours après le remplissage final en gaz pour obtenir une mesure fiable. Pour le SF₆, le taux d'humidité ne doit pas dépasser la limite maximale définie en 5.2 de la CEI 62271-1.

Pour le contrôle de l'état du gaz en service, se référer à la CEI 60480.

Pour les précautions de manipulation de gaz, se référer à la CEI/TR 62271-303.

NOTE Il est recommandé de veiller à limiter les rejets de gaz dans l'atmosphère pendant les opérations de prise d'échantillons et/ou de contrôle (par exemple en installant un sac collecteur ou un récepteur sur la sortie de la vanne du dispositif de contrôle lors des mesures d'humidité).

10.3 Fonctionnement

Le paragraphe 10.3 de la CEI 62271-1 est applicable.

10.4 Maintenance

Le paragraphe 10.4 de la CEI 62271-1 est applicable.

11 Sécurité

L'Article 11 de la CEI 62271-1 est applicable avec le complément suivant:

NOTE Le travail sur les compartiments de gaz avec des compartiments adjacents sous pleine pression peut requérir des mesures de sécurité concernant les travailleurs, conformément à la réglementation locale.

12 Influence du produit sur l'environnement

L'Article 12 de la CEI 62271-1 est applicable avec le complément suivant:

Les pertes dues à la manipulation de gaz pendant l'installation, les essais sur site et la maintenance doivent être enregistrées.

Chaque complément de remplissage doit être enregistré, avec l'indication de la masse de SF₆ ajoutée dans le compartiment.

Annexe A
(normative)

Procédure d'essai diélectrique de l'appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse triphasé de la gamme II

A.1 Procédures d'essais diélectriques pour l'appareillage diélectrique sous enveloppe métallique à enveloppe triphasée

Dans la mesure où les exigences pour les niveaux d'isolement entre phase et terre diffèrent de celles des niveaux d'isolement entre phases, les exigences d'essai selon la CEI 62271-1 doivent être reconsidérées. Cela n'est le cas que pour les essais de choc de manœuvre de la gamme II.

A.2 Application des exigences d'essai

De façon à couvrir l'ensemble des essais à réaliser, le Tableau A.1 liste les conditions d'essais en relation avec l'enveloppe, entre contacts ouverts et entre phases. Les symboles du tableau sont les mêmes que dans la CEI 62271-1 (Figure 3).

La méthode préférentielle est celle utilisant deux sources de tension. Les niveaux de tension requis peuvent être fournis par deux sources en opposition de phase raccordées au même dispositif de contrôle.

Tableau A.1 – Conditions d'essais de tenue aux chocs de manœuvre au-dessus de 245 kV

Condition d'essai	Appareil de connexion	Choc de manœuvre	Tension alternative à fréquence industrielle	Terre raccordée à
Essai entre phases		Partie principale de U_s entre phases (Tableau 3, colonne (5)) appliquée à	Partie complémentaire pour obtenir U_s entre phases (Tableau 3, colonne (5)) appliquée à	
1	Fermé	Aa	BbCc	F
2	Fermé	Bb	AaCc	F
3	Fermé	Cc	AaBb	F
4	Ouvert	A	BC	abcF
5	Ouvert	B	AC	abcF
6	Ouvert	C	AB	abcF
7	Ouvert	a	bc	ABCF
8	Ouvert	b	ac	ABCF
9	Ouvert	c	ab	ABCF

NOTE Les conditions d'essai 3, 6 et 9 peuvent être omises, si la disposition des pôles latéraux, par rapport au pôle central et à l'enveloppe, est symétrique.

En ce qui concerne les fonctions d'interruption et de sectionnement, les valeurs sont celles indiquées au Tableau 3, l'appareil étant en position ouverte.

Annexe B (normative)

Méthodes d'essai de l'appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse en cas d'arc dû à un défaut interne

B.1 Généralités

L'apparition d'un arc à l'intérieur de l'appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse, dû à un défaut interne, est accompagnée de phénomènes physiques variés.

Par exemple, l'énergie résultant du développement d'un arc dans l'enveloppe provoquera une surpression interne et un échauffement local contraignant mécaniquement et thermiquement l'appareillage. De plus, les matériaux impliqués peuvent engendrer des produits de décomposition chauds pouvant être évacués dans l'atmosphère.

Cette annexe considère la surpression interne agissant sur l'enveloppe et les effets thermiques de l'arc ou de sa racine sur l'enveloppe. Elle ne prend pas en compte tous les effets pouvant constituer un risque, tels que les gaz toxiques.

B.2 Essai d'arc au courant de court-circuit

B.2.1 Dispositions d'essai

Pour le choix de l'objet à essayer, on doit faire référence aux documents de conception de l'appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse. Les compartiments apparaissant comme les moins susceptibles de supporter les montées en pression et en température en cas d'arc doivent être choisis.

Dans chaque cas, les points suivants doivent être respectés:

- a) chaque essai peut être réalisé sur un objet d'essai n'ayant pas été préalablement soumis à des essais d'arc. Les objets en essai ayant déjà subi des essais d'arc doivent être remis en état de telle manière que les conditions pour les essais d'arc ultérieurs ne soient ni aggravées ni facilitées;
- b) l'objet en essai doit être complètement équipé et installé en comprenant tout dispositif de protection, tels que dispositifs de décharge de pression, dispositifs de court-circuitage, etc. fourni par le constructeur pour la limitation des effets de l'arc.

Des "maquettes" sont permises pourvu qu'elles aient le même volume et les mêmes matériaux externes et qu'elles réagissent de la même manière que l'original en ce qui concerne la tenue aux arcs;

- c) l'objet en essai doit être rempli du gaz isolant normal à la masse volumique de remplissage.

B.2.2 Courant et tension appliqués

B.2.2.1 Généralités

Les enveloppes monophasées doivent être soumises à l'essai en monophasé et les enveloppes triphasées en triphasé.

B.2.2.2 Tension

L'essai peut être réalisé avec une tension appliquée plus faible que la tension assignée pour l'équipement de l'objet en essai, si les conditions suivantes sont remplies:

- a) le courant de l'arc doit être pratiquement sinusoïdal;
- b) l'arc ne doit pas s'éteindre prématurément.

B.2.2.3 Courant

a) Composante périodique

La composante périodique au début de l'essai doit avoir une tolérance de $^{+10}_0$ %. Pendant la durée de protection de premier stade, la tolérance doit être de ± 10 %, et pendant la durée de protection de second stade, le courant ne doit pas descendre en principe au-dessous de 80 % de la valeur spécifiée, à condition que la composante périodique moyenne ne soit pas inférieure au courant de court-circuit indiqué.

NOTE Si la station d'essai ne permet pas cela, la durée de l'essai peut être allongée mais pas de plus de 20 % avec un ajustement approprié des moments où les interprétations sont faites.

b) Composante apériodique

L'instant d'établissement du court-circuit doit être choisi de manière que la première alternance de courant de l'arc ait une valeur de crête d'au moins 1,7 fois la valeur efficace de la composante périodique du courant de court-circuit indiqué. Pour les essais en triphasé, cela s'applique au courant dans au moins une phase.

B.2.2.4 Fréquence

Pour les fréquences assignées 50 Hz ou 60 Hz, la fréquence au début de l'essai doit être comprise entre 48 Hz et 62 Hz.

B.2.2.5 Durée de l'essai

La durée d'application du courant doit être telle qu'elle couvre le temps de protection de second stade sur la base de durée prévue et déterminée par les dispositifs de protection. Voir Tableau 4.

B.2.3 Procédure d'essai

B.2.3.1 Connexions d'essai

Le point de l'alimentation du courant à choisir est celui qui est susceptible de donner la condition la plus difficile.

On doit veiller à ce que les connexions ne rendent pas les conditions d'essai moins sévères. Généralement, l'enveloppe est mise à la terre du même côté que l'alimentation en courant de l'objet en essai.

B.2.3.2 Amorçage de l'arc

On doit amorcer l'arc au moyen d'un fil métallique de diamètre convenable.

Le point d'amorçage à choisir est celui où l'arc est censé produire les contraintes assignées dans l'objet en essai. Généralement, cela est réalisé quand l'arc est amorcé au voisinage d'une cloison, le plus éloigné du point d'alimentation et du dispositif de décharge de pression, s'il est installé.

NOTE Il convient que l'arc ne soit pas amorcé par perforation d'isolation solide.

B.2.3.3 Mesurages et enregistrements relatifs au comportement en essai

Les paramètres suivants doivent être relevés et enregistrés:

- le courant et sa durée;
 - la tension d'arc;
 - la pression en un ou plusieurs points de l'objet en essai; dans chaque compartiment si l'objet en essai en comprend plus d'un;
- et, si c'est applicable,
- l'instant de décharge de pression (soit par le fonctionnement du dispositif de décharge de pression, soit par le percement de l'enveloppe).

Les phénomènes tels que la décharge de pression, la perforation de l'enveloppe et les effets externes doivent être observés et enregistrés par des moyens appropriés, par exemple des caméras, des détecteurs de lumière.

B.2.4 Interprétation de l'essai

L'appareillage est réputé convenir si, au cours de l'essai, aucun effet externe autre que le fonctionnement des dispositifs de décharge de pression appropriés ne se produit pendant les durées spécifiées en 5.102.2 et si les gaz ou vapeurs s'échappant sous pression sont dirigés de façon à réduire au minimum le danger pour un opérateur pendant le temps où il réalise ses tâches normales d'exploitation.

Aucune fragmentation de l'enveloppe ne doit résulter d'un défaut éliminé durant le deuxième stade de protection, conformément au Tableau 4.

B.2.5 Rapport d'essai

Les informations suivantes doivent être consignées dans le rapport d'essai:

- caractéristiques et description de l'objet en essai, des matériaux de l'enveloppe et du conducteur, avec un dessin montrant les dimensions principales et la disposition des dispositifs de décharge de pression;
- disposition des connexions d'essai, du point d'amorçage de l'arc et position des capteurs pour le mesurage des pressions;
- courants, tensions, énergies, pressions et durées, tirés des oscillogrammes;
- description précise des résultats d'essai et des observations;
- autres remarques pertinentes;
- photographies de l'état avant et après l'essai.

B.2.6 Extrapolation des résultats d'essai

Les résultats d'essai peuvent être étendus par calcul à d'autres enveloppes de conception similaire, mais de taille ou de forme différentes et/ou pour d'autres paramètres d'essai.

B.3 Vérification combinée par calcul et essais séparés

Le constructeur est responsable de la démonstration de la validité d'une extrapolation de résultats d'essais à d'autres courants et d'autres dimensions d'enveloppes. Le constructeur doit fournir toutes les informations nécessaires avec les calculs.

Annexe C (informative)

Considérations techniques et pratiques pour les essais sur le site

C.1 Générateurs de tension d'essai

Les charges capacitatives des installations d'appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse sont relativement élevées. Cela signifie que:

- les essais de tension à la fréquence industrielle, en particulier aux tensions assignées U_r les plus élevées, nécessitent une forte puissance réactive;
- les essais en ondes de choc de forme bi-exponentielle peuvent être dépourvus d'efficacité par suite du mauvais rendement du générateur de choc.

Les équipements suivants peuvent être utilisés pour produire les tensions:

a) sources de tension à fréquence industrielle

La tension à fréquence industrielle peut être produite par:

- ensemble d'essais avec un transformateur d'essai;
- ensemble d'essais avec des circuits résonants à réactance variable et à fréquence constante;
- ensemble d'essais avec des circuits résonants à réactance constante et à fréquence variable;
- l'alimentation de transformateurs de puissance ou de tension par l'enroulement basse tension, ce qui évite les démontages après essais.

NOTE Il convient de considérer les contraintes thermiques supportées par la source de tension, en particulier quand on utilise des transformateurs de tension.

b) sources de tension de choc

Les générateurs d'ondes bi-exponentielles conviennent mal aux grandes installations, surtout aux tensions assignées les plus élevées. Des ondes oscillantes peuvent être produites à l'aide d'un générateur de choc et d'une bobine haute tension raccordée à l'appareillage en essai pour former un circuit résonant série amorti. Des ondes oscillantes de choc de manœuvre peuvent être produites par la décharge d'un condensateur dans l'enroulement basse tension d'un transformateur de puissance, de tension ou d'essai.

C.2 Localisation des décharges

Les décharges disruptives produisent différents phénomènes pouvant être utiles pour les localiser. Quelques-uns des moyens pouvant être utilisés sont indiqués ci-après:

- détection d'une émission lumineuse;
- mesurage du bruit audible et des vibrations;
- enregistrement et évaluation des phénomènes électromagnétiques transitoires consécutifs à la décharge;
- détection des produits de décomposition du gaz.

C.3 Procédures d'essai spéciales

C.3.1 Généralités

En règle générale, il est recommandé d'effectuer tous les essais à la tension d'essai spécifiée et à la masse volumique assignée de remplissage du gaz. Cependant, dans certaines circonstances, des procédures d'essai spéciales ont été établies qui, bien que n'étant pas d'usage général, méritent d'être mentionnées pour des raisons techniques et/ou pratiques.

Pour les extensions (5.107.4), l'utilisateur doit être responsable pour tout amorçage dans l'installation sous enveloppe métallique à isolation gazeuse existante et le constructeur de l'extension doit être responsable pour tout amorçage dans l'extension.

C.3.2 Essai à tension réduite

C.3.2.1 Méthode simplifiée pour l'essai d'unités transportées sans démontage

Selon la pratique de certains pays, l'appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse ou au moins une travée ou une partie équivalente de l'installation d'appareillage peut être complètement assemblé en usine et y être soumise aux essais à ses pleines tensions de tenue assignées. Si les unités soumises aux essais sont transportées sans démontage, ou si le démontage est limité à de très simples raccords, et s'il y a accord entre constructeur et utilisateur, l'essai sur le site peut être réduit à ce qui suit:

essai en tension alternative à $1,1 \times U_r / \sqrt{3}$ pour les réseaux à neutre à la terre, ou à $1,9 \times U_r / \sqrt{3}$ pour les réseaux à neutre isolé ou à neutre résonant; la tension d'essai étant appliquée pendant 10 min.

C.3.2.2 Dérogations dues à des causes pratiques

Dans certains cas, pour des raisons techniques ou pratiques, un essai avec tension alternative peut être réalisé à un niveau de tension réduit, pendant une durée prolongée. De plus, la détection de décharge partielle peut être appliquée conformément au C.7. La procédure est soumise à accord entre le constructeur et l'acheteur.

C.3.2.3 Application de la tension de service

Dans certains cas, l'essai diélectrique sur le site ne peut pas être réalisé. Il convient alors de prendre des précautions spéciales pour l'emballage, le transport et le stockage et d'apporter un soin particulier aux travaux de montage sur le site. Il convient de mettre sous tension de service l'appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse en essai à travers une impédance de la plus forte valeur possible, afin de réduire les dégâts qu'entraînerait une éventuelle décharge disruptive. Il convient que la durée de l'essai soit d'au moins 30 min.

C.3.3 Essais à masse volumique réduite du gaz

En général, les essais avec une masse volumique de gaz réduite ne sont pas conseillés.

C.4 Mesures des décharges partielles

La mesure des décharges partielles peut être utile pour détecter certains types de défauts au cours des essais sur le site et pour déterminer les exigences de maintenance de l'équipement après une période d'exploitation. Elle constitue ainsi un bon complément des essais diélectriques sur le site, mais ils sont souvent difficiles à réaliser à cause des perturbations ambiantes.

Si un tel essai est possible et accepté, il convient alors d'appliquer autant que possible les exigences données au 10.2.101.2.7.

Si l'utilisateur a spécifié la mesure de décharges partielles par la méthode à très hautes/ultra hautes fréquences (VHF/UHF), des capteurs internes de décharges partielles sont recommandés.

C.5 Conditionnement électrique

Le terme "conditionnement électrique" signifie l'application progressive d'une tension alternative, soit par paliers soit de façon continue. Il peut être effectué par le constructeur, comme faisant partie de la procédure de remplissage en gaz sur le site afin de déplacer les particules éventuelles vers les zones à faible champ, où elles deviennent inoffensives.

Le conditionnement électrique n'est pas une exigence, et ne remplace pas l'essai sous tension alternative, sauf si la tension est augmentée jusqu'à la valeur spécifiée. Néanmoins, il convient d'informer l'utilisateur de toute décharge disruptive, parce qu'elle peut entraîner un affaiblissement de l'isolation.

C.6 Reprise d'essais

C.6.1 Généralités

La procédure à appliquer à la suite d'une décharge disruptive se produisant pendant les essais diélectriques sur le site peut dépendre de plusieurs facteurs, en particulier

- du type de décharge disruptive (amorçage dans l'isolation auto-régénératrice ou non auto-régénératrice), s'il peut être identifié (voir C.2);
- de l'importance de l'énergie d'arc dissipée pendant la décharge;
- de la forme et du matériau de l'isolation solide;
- de l'importance stratégique de l'installation.

Considérant ces facteurs et tout autre facteur significatif, il convient d'établir une procédure qui soit acceptée par le constructeur et l'utilisateur. Une procédure recommandée est donnée ci-dessous, mais il convient de ne la considérer que comme un guide. Des variantes peuvent être acceptables, suivant l'importance des facteurs en jeu.

C.6.2 Procédures recommandées

C.6.2.1 Procédure a)

Si une décharge disruptive se produit sur la surface d'une isolation solide, il est recommandé, chaque fois que possible, d'ouvrir le compartiment concerné et d'examiner soigneusement l'isolation pour détecter des anomalies. Après avoir pris les actions correctives nécessaires, il convient que le compartiment soit à nouveau soumis aux essais diélectriques spécifiés.

C.6.2.2 Procédure b)

Une décharge disruptive dans le gaz peut être due à une pollution ou à un défaut superficiel qui peut être brûlé et éliminé par la décharge. Par conséquent, il peut être accepté que l'essai puisse être repris à la tension d'essai spécifiée. Une autre tension d'essai peut être convenue entre le constructeur et l'utilisateur avant que les essais soient entrepris.

NOTE 1 Il est admis que le constructeur puisse prouver à l'utilisateur que l'isolation gazeuse peut être considérée comme auto-régénératrice pour l'énergie d'arc dissipée dans la décharge.

NOTE 2 En cas de décharge disruptive pendant les essais diélectriques sur site, des décharges secondaires peuvent se produire dans d'autres parties de la section soumise à l'essai.

Si ce nouvel essai conduit de nouveau à un défaut, il convient de suivre à nouveau la procédure a).

C.7 Méthode de détection des décharges partielles

C.7.1 Généralités

Pour la détection des décharges partielles sur site, les méthodes électriques à hautes et ultra hautes fréquences (VHF/UHF) et la méthode acoustique peuvent être utilisées sur l'appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse en complément à la méthode conventionnelle conforme à la CEI 60270. Ces deux méthodes sont moins sensibles au bruit de fond que la méthode conventionnelle et peuvent aussi être utilisées pour la surveillance des décharges partielles en service. Cependant, pour ces nouvelles méthodes, la sensibilité dépend de la distance entre le défaut (source du signal) et le capteur. Des procédures appropriées d'utilisation des méthodes VHF/UHF et acoustique sont disponibles. Elles assurent que des défauts créant une charge apparente de quelques pC sont détectés par ce type d'équipement. La méthode proposée de vérification de la sensibilité peut être facilement appliquée sur le site. L'avantage de ces deux méthodes complémentaires est de permettre la localisation des défauts. L'application de ces méthodes et l'interprétation des résultats peuvent seulement être confiés à du personnel expérimenté. Ces méthodes sont toujours en cours d'investigation et ne sont pas encore normalisées.

C.7.2 Méthode conventionnelle conforme à la CEI 60270

Les interférences électromagnétiques provenant d'émetteurs radio et d'autres sources sont captées par les traversées aériennes et conduisent à des sensibilités de mesure des décharges partielles de quelques dizaines de pC. Il existe des méthodes de filtrage analogiques et numériques pour la réjection des bruits. Néanmoins, l'utilisation de tels outils de filtrage nécessite du personnel formé et constitue une limitation à cette procédure. Dans les conditions réelles de site, un niveau de bruit inférieur à 5 pC est difficile à atteindre. Ainsi, un circuit d'essai totalement sous enveloppe avec capacité de couplage à écran directement raccordé à l'appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse est préférable. Dans ce cas une sensibilité inférieure à 5 pC peut être atteinte pour les installations sous enveloppe métallique à raccordement par câbles et pour les sections isolées de traversées aériennes par un sectionneur ouvert.

C.7.3 Méthode à très hautes/ultra hautes fréquences (VHF/UHF)

Les courants de décharge dus à des défauts dans les PSEM ont des durées de front de montée pouvant être inférieurs à 100 ps. Ces défauts génèrent des champs électromagnétiques transitoires ayant un contenu en fréquences allant jusqu'à plus de 2 GHz. Les signaux qui en résultent se propagent dans le PSEM à la vitesse de la lumière comme des ondes TEM, TE ou TM. Il se produit des réflexions sur les nombreuses discontinuités de l'installation. Les signaux se propageant sont amortis en raison de la conductivité finie des conducteurs métalliques et des pertes sur les surfaces diélectriques. Le résultat est une configuration complexe de résonance d'ondes électromagnétiques à l'intérieur de chaque compartiment.

Les signaux de décharges partielles dans la plage des très hautes et ultra hautes fréquences (c'est-à-dire 100 MHz – 2 GHz) peuvent être détectés dans le domaine temporel ou dans le domaine fréquentiel au moyen de capteurs, qui sont habituellement de conception similaire à des capteurs capacitifs. En raison de l'atténuation du signal VHF/UHF, il faut installer de nombreux capteurs sur un PSEM. La distance maximale entre deux capteurs adjacents est d'approximativement quelques dizaines de mètres. Le signal UHF/VHF est mieux capté à partir de capteurs internes mais, quand ceux ci ne sont pas disponibles, il est parfois possible d'utiliser des capteurs externes montés sur les hublots ou les isolateurs.

En raison de la complexité des résonances, l'amplitude du signal des décharges partielles détecté dépend fortement de la position et dans une moindre mesure de l'orientation du défaut

et du capteur. Par conséquent, la méthode VHF/UHF ne peut pas être étalonnée, comme par exemple, dans le circuit de mesure de la CEI 60270. A la place, un contrôle de sensibilité peut être réalisé conformément au C.7.5.

Le rapport signal à bruit et, par conséquent, la sensibilité du système de mesure VHF/UHF peuvent être améliorés par l'utilisation de capteurs, amplificateurs et filtres appropriés. La méthode VHF/UHF a été prouvée au moins aussi sensible que la méthode conventionnelle pour la détection des défauts, cela est principalement dû au faible niveau de bruit externe. Des essais en laboratoire et sur site ont montré que de petits défauts critiques et même des défauts non critiques peuvent être détectés.

Une localisation précise des défauts peut être obtenue en utilisant un oscilloscope à large bande pour mesurer l'intervalle de temps séparant l'arrivée des signaux sur des capteurs adjacents.

C.7.4 Méthode acoustique

Les signaux acoustiques (ondes mécaniques) sont émis par des défauts dans les PSEM principalement selon deux mécanismes primaires: des particules mobiles excitent une onde mécanique dans l'enveloppe en la frappant alors que des décharges provenant de défauts fixes créent une onde de pression dans le gaz, qui est ensuite transmise à l'enveloppe. Le signal résultant dépendra de la source et du trajet de propagation. Comme les enveloppes sont habituellement constituées d'aluminium ou d'acier, l'atténuation du signal est très faible. Cependant, il y a une perte d'énergie lorsque les signaux sont transmis d'un côté à l'autre d'une bride. Les signaux acoustiques peuvent être captés par des capteurs extérieurs. Normalement, soit des accéléromètres soit des capteurs d'émission acoustique sont utilisés et la procédure d'essai consiste à faire une mesure entre toutes les brides.

La localisation d'un défaut peut être faite en recherchant la plus grande amplitude du signal acoustique ou par la mesure du temps de propagation avec deux capteurs. La distinction entre différents types de défauts est possible par analyse de la forme du signal acoustique.

Le signal émis par une particule rebondissant est à large bande (c'est-à-dire >1 MHz) et a une grande amplitude comparé aux signaux émis par des pré-décharges de défauts fixes. Le signal typique pour une particule sera atténué au fur et à mesure qu'il s'éloigne de sa source. En général, deux paramètres du signal acoustique sont importants pour ce type de défaut: l'amplitude et la durée du rebond (temps entre deux impacts successifs de la particule). Ces paramètres sont essentiels non seulement pour l'identification du type de défaut, mais aussi pour l'estimation du risque.

Les signaux de pré-décharge émis par des protubérances sont à très large bande à proximité de la source mais, à cause du gaz qui se comporte comme un filtre passe-bas, les hautes fréquences sont atténuées au fur et à mesure que le signal s'éloigne de la source en direction de l'enveloppe. Normalement, les signaux détectés en provenance de sources de pré-décharges sont limités à une plage de fréquence inférieure à 100 kHz. Le niveau de signal est trouvé à peu près constant à l'intérieur de mêmes sections, et l'atténuation est d'environ 8 dB à chaque traversée de bride.

Des particules rebondissant qui produisent des décharges apparentes de l'ordre de 5 pC peuvent être détectées avec un important rapport signal à bruit. La limite de la détection de décharges de type corona est de l'ordre de 2 pC. La sensibilité décroît avec la distance en raison de l'absorption et l'atténuation du signal acoustique lors de sa propagation dans l'appareillage du PSEM. Pourtant, aucune correspondance directe entre le niveau du signal acoustique et le niveau de décharge partielle n'a été établie. La mesure acoustique est insensible au bruit électromagnétique du poste. La sensibilité acoustique aux particules rebondissant est habituellement bien meilleure que la sensibilité des autres méthodes de diagnostic, lorsque le capteur est placé à proximité du défaut. La méthode acoustique est par conséquent efficace pour localiser de tels défauts.

C.7.5 Vérification de la sensibilité des méthodes acoustiques et UHF

Le même principe technique est appliqué pour le contrôle de la sensibilité de la détection des décharges partielles par les deux méthodes acoustiques et UHF. D'abord, une impulsion acoustique artificielle ou électrique est définie, qui émet un signal similaire à celui émis par un défaut réel générant un niveau défini de charge apparente (par exemple 5 pC ou plus) mesurée conformément à la CEI 60270. Ensuite, cette impulsion artificielle est injectée pendant les essais de mise en service ou l'exploitation du PSEM de façon à vérifier la sensibilité de la détection pour l'appareillage et les équipements de mesure associés. Si le signal simulé peut être mesuré par le capteur adjacent, le contrôle de sensibilité est considéré comme réalisé avec succès pour la section du PSEM comprise entre ces capteurs. Voir Bibliographie.

Annexe D (informative)

Calcul de l'élévation de pression due à un défaut interne

L'élévation de pression d'un compartiment fermé rempli de gaz SF₆, due à un défaut interne, peut être calculée selon la formule (D.1):

$$\Delta p = C_{\text{équipement}} \times \frac{I_{\text{arc}} \times t_{\text{arc}}}{V_{\text{compartiment}}} \quad (\text{D.1})$$

où

Δp est l'élévation de pression (MPa);

I_{arc} est le courant d'arc de défaut (kA_{efficace});

$V_{\text{compartiment}}$ est le volume du compartiment (l);

t_{arc} est la durée d'arc (ms);

$C_{\text{équipement}}$ est le facteur de l'équipement.

Le constructeur doit démontrer la valeur du facteur $C_{\text{équipement}}$ par des essais réalisés sur des matériels similaires.

La formule (D.1) peut être utilisée pour vérifier que la pression, en cas de défaut interne, ne dépasse pas la valeur de pression d'essai de type, pour un compartiment non équipé d'un dispositif limiteur de pression. Cela est vérifié si le courant d'arc et la durée d'arc maximum (basé sur la performance du système de protection) ne provoquent pas une élévation de pression supérieure à la pression de l'essai de type des enveloppes.

Annexe E (informative)

Renseignements à donner dans les appels d'offres, les soumissions et les commandes

E.1 Généralités

La présente Annexe définit, sous forme de tableaux, les informations techniques à échanger entre fournisseur et utilisateur.

NOTE Dans le tableau, la mention "informations fournisseur" indique que seul le fournisseur doit fournir ces informations.

E.2 Conditions normales et spéciales de service

Voir l'Article 2.

Tableau E.1 – Conditions normales et spéciales de service

		Exigences de l'utilisateur (voir Tableau 1)	Propositions du fournisseur
Condition de service	Intérieur ou extérieur		
Température de l'air ambiant:			
Minimum	°C		
Maximum	°C		
Radiation solaire	W/m ²		
Altitude	m		
Pollution	Classe		
Épaisseur de glace	mm		
Vent	m/s		
Humidité	%		
Précipitation ou condensation			
Vibration	Classe		
Perturbation électromagnétique induite dans le système secondaire	kV		

E.3 Caractéristiques assignées

Voir l'Article 4.

Tableau E.2 – Caractéristiques assignées

		Exigences de l'utilisateur	Propositions du fournisseur
Tension nominale du réseau	kV		
Tension assignée de l'équipement (U_r)	kV		
Niveaux d'isolement assignés entre phase et terre et entre phases			
Tension assignée d'essai de tenue de courte durée à fréquence industrielle (U_d)	kV		
Tension de tenue assignée aux chocs de manœuvre (U_s)			
Entre phase et terre	kV		
Entre phases	kV		
Tension de tenue assignée aux chocs de foudre (U_p)	kV		
Fréquence assignée (f_r)	Hz		
Courant assigné en service continu (I_r)	A	Selon schéma unifilaire	
Courant de courte durée admissible assigné (I_k)	kA		
Valeur de crête du courant admissible assigné (I_p)	kA		
Durée de court-circuit assignée (t_k)	s		
Tension assignée d'alimentation des dispositifs de fermeture et d'ouverture et des circuits auxiliaires et de commande (U_a)	V		
Fréquence assignée d'alimentation des dispositifs de manœuvre et des circuits auxiliaires	Hz	Courant continu ou 50 Hz ou 60 Hz	
Régime de neutre		Directement mis à la terre ou isolé	

E.4 Conception et construction

Voir l'Article 5.

Tableau E.3 – Conception et construction

		Exigences de l'utilisateur	Propositions du fournisseur
Nombre de phases			
Conception monophasée ou triphasée			
Taux de fuite SF ₆ maximum	% / an		
Pressions assignées de remplissage p_{re} / p_{rm}			
Disjoncteur	MPa	Informations fournisseur	
Autres compartiments	MPa	Informations fournisseur	
Pressions d'alarme p_{ae} / p_{am}			
Disjoncteur	MPa	Informations fournisseur	
Autres compartiments	MPa	Informations fournisseur	
Pressions minimales de fonctionnement p_{me} / p_{mm}			
Disjoncteur	MPa	Informations fournisseur	
Autres compartiments	MPa	Informations fournisseur	
Pression de calcul des enveloppes			
Disjoncteur	MPa	Informations fournisseur	
Autres compartiments	MPa	Informations fournisseur	
Pression d'essai de type des enveloppes			
Disjoncteur	MPa	Informations fournisseur	
Autres compartiments	MPa	Informations fournisseur	
Pression d'essai de routine des enveloppes			
Disjoncteur	MPa	Informations fournisseur	
Autres compartiments	MPa	Informations fournisseur	
Pression de fonctionnement du dispositif de décharge de pression			
Disjoncteur	MPa	Informations fournisseur	
Autres compartiments	MPa	Informations fournisseur	
Défaut interne			
Courant de court-circuit	kA		
Durée du courant (suivant le Tableau 4)	s		
Quantité totale de gaz SF ₆ à la pression de remplissage	kg	Informations fournisseur	
Quantité de gaz SF ₆ dans le plus grand compartiment à la pression de remplissage	kg	Informations fournisseur	
Point maximum admissible de rosée du gaz	°C	Informations fournisseur	
Recommandations relatives aux mesures du point de rosée et aux corrections adéquates			
Nombre de compartiments de gaz		Informations fournisseur	
Longueur du plus long colis à transporter	m		
Masse de la pièce la plus lourde du matériel qui sera manutentionnée pendant l'assemblage sur site	kg		
Bruit			

E.5 Jeux de barres

Tableau E.4 – Jeux de barres

		Exigences de l'utilisateur	Propositions du fournisseur
Inductance	H/m	Informations fournisseur	
Capacitance	pF/m	Informations fournisseur	
Résistance de l'enveloppe à f_r	Ω/m	Informations fournisseur	
Résistance du conducteur à f_r	Ω/m	Informations fournisseur	
Impédance caractéristique	Ω	Informations fournisseur	

E.6 Disjoncteurs

L'Article 9 de la CEI 62271-100:2008 est applicable.

E.7 Sectionneurs et sectionneurs de mise à la terre

L'Article 9 de la CEI 62271-102:2001 est applicable.

E.8 Traversées

L'Article 6 de la CEI 60137:2008 est applicable avec le complément suivant:

Tableau E.5 – Traversées

Traversée extérieure immergée (voir l'Article 3.19 de la CEI 60137:2008)		Exigences de l'utilisateur	Propositions du fournisseur
Type d'isolateur interne		Isolé au gaz ou par papier imprégné	
Type d'isolateur externe		Porcelaine ou composite	
Ligne de fuite nominale spécifique	mm/kV		
Profil d'ailette		Normale ou alternée	
Tension de tenue assignée de courte durée à fréquence industrielle (U_d)	kV	Comme PSEM ou spéciale	
Tension de tenue assignée aux chocs de manœuvre (U_s)	kV	Comme PSEM ou spéciale	
Tension de tenue assignée aux chocs de foudre (U_p)	kV	Comme PSEM ou spéciale	
Essais de tenue mécanique	N		
Essais de tenue mécanique en fonctionnement	N		
Type de connexions		Selon dessins	

E.9 Raccordement de câbles

L'Article 9 de la CEI 62271-209:2007 est applicable avec le complément suivant:

Tableau E.6 – Raccordement de câbles

		Exigences de l'utilisateur	Propositions du fournisseur
Type de câble		Liquide ou type sec	

E.10 Raccordement du transformateur

L'Article 9 de la CEI/TR 61639:1996 est applicable avec le complément suivant:

Tableau E.7 – Raccordement du transformateur

		Exigences de l'utilisateur	Propositions du fournisseur
Jonction isolée entre l'enveloppe du PSEM et le transformateur		Oui ou non	

E.11 Transformateur de courant

L'Article 11 de la CEI 60044-1:1996 est applicable avec le complément suivant:

Tableau E.8 – Transformateur de courant

		Exigences de l'utilisateur	Propositions du fournisseur
Localisation du transformateur de courant		Selon schéma unifilaire	
Nombre et type de noyaux		Selon schéma unifilaire	

E.12 Transformateur de tension inductif

L'Article 11 de la CEI 60044-2:1997 est applicable avec le complément suivant:

Tableau E.9 – Transformateur de tension inductif

		Exigences de l'utilisateur	Propositions du fournisseur
Localisation du transformateur de tension		Selon schéma unifilaire	
Nombre et type de bobinages secondaires		Selon schéma unifilaire	
Essais de tension sur le site	kV/Hz	Informations fournisseur	

E.13 Documentation pour appels d'offre et soumissions

Tableau E.10 – Documentation pour appels d'offre et soumissions

		Exigences de l'utilisateur	Propositions du fournisseur
Schéma unifilaire			
Exigences pour la continuité de service pendant la maintenance, la réparation, l'extension et les essais sur site.			
Plans d'ensemble du poste			
Charge pour les fondations		Informations fournisseur	
Schémas de compartimentage du gaz		Informations fournisseur	
Liste des rapports d'essais de type		Informations fournisseur	
Liste des pièces de rechange recommandées		Informations fournisseur	
Dessins d'interface du PSEM (dans le cas d'une extension ultérieure)			

Annexe F (informative)

Continuité de service

F.1 Généralités

La présente Annexe donne des informations concernant la continuité de service du PSEM ou la disponibilité, notamment pour la conception du poste. Les exigences du système pour la continuité de service sont satisfaites non seulement par le choix du schéma unifilaire, mais également par la séquence des départs et la disposition physique des matériels individuels. Il convient que la perte du poste (totale ou partielle) du fait de maintenance, de réparations après une défaillance, ou d'extensions soit une préoccupation essentielle. La disponibilité d'un poste tient compte de la fiabilité et de la performance des équipements, ainsi que de la fréquence et de la durée des pertes d'exploitation.

Dans le cas du PSEM, la façon dont l'équipement est divisé en compartiments de gaz est un facteur supplémentaire qui affecte la continuité de service.

La présente Annexe propose des exigences de continuité de service, considérant la particularité de conception d'un poste PSEM et le caractère stratégique de ce poste pour le réseau. Ceci est illustré par une étude de cas, un poste à deux jeux de barres est utilisé comme exemple. Le Tableau F.1 fournit un résumé de l'étude de cas.

Certaines dispositions permettent d'agir sur la disponibilité du poste, en réduisant le délai entre la survenance d'un défaut et les réparations, ou en réduisant les parties du poste mises hors service pendant une réparation.

Il convient que la conception retenue satisfasse un équilibre entre le coût des équipements et la criticité du poste dans le réseau de l'utilisateur.

Les considérations de politique de maintenance ne sont pas traitées dans l'Annexe, bien que la disponibilité des pièces de rechange et du personnel compétent ait également un impact sur la disponibilité du poste.

F.2 Exigence de continuité de service

Le schéma unifilaire reflète les fonctions nécessaires et les caractéristiques assignées requises pour le développement du réseau électrique. Le schéma unifilaire ayant une influence majeure sur la conception des PSEM, les effets et conséquences des maintenances, des réparations ou des extensions sur la continuité de service peuvent être étudiés durant le processus d'optimisation du schéma unifilaire.

Selon la fonction spécifique du nouveau poste (production, transport, client consommateur) et de son emplacement stratégique dans le réseau, l'impact d'une perte d'exploitation peut être différent. Pour cette raison, en plus des informations fondamentales qu'il convient que l'utilisateur et le constructeur échangent pendant les offres (voir l'Article 9), l'utilisateur peut fournir des exigences de continuité de service pendant la maintenance, la réparation ou l'extension. Les exigences de disponibilité peuvent être spécifiques et varier pour chaque partie d'un poste. Une liste non restrictive d'exigences de disponibilité est donnée ci-dessous, à titre d'exemple:

A) Aucune coupure autorisée: ceci n'est habituellement applicable que pour une maintenance mineure, comme des inspections visuelles.

- B) Perte de flexibilité autorisée: ceci signifie la perte d'un jeu de barre, la perte du sectionnement des jeux de barres ou d'un couplage des jeux de barres, sans perte de départ.
- C) Perte de départ autorisée: ceci signifie la perte d'un ou plusieurs départs.
- D) Perte totale du poste: ceci signifie que le réseau électrique est tel que la continuité d'alimentation ou du transit peut être assurée temporairement en l'absence de ce poste.

Il convient de spécifier la durée acceptable de perte de flexibilité, perte de départ ou de poste.

Un exemple d'exigence de continuité de service est donné avec l'étude de cas.

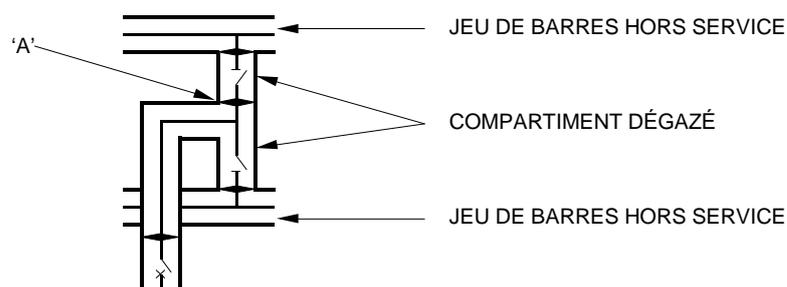
NOTE Un départ est une connexion entre le PSEM et le réseau électrique, telle que les lignes aériennes, les câbles, les transformateurs, les réactances, les batteries de condensateurs, etc.

F.3 Incidence du compartimentage sur la continuité de service

Pour un PSEM et une implantation donnée, la façon dont l'équipement est divisé en compartiments de gaz affecte la continuité de service. Il est clair qu'avant de vidanger un compartiment, avec tous ses matériels individuels, celui-ci doit être isolé du réseau. Occasionnellement, des travaux, comme la réparation après un défaut, peuvent nécessiter la dépose d'une cloison, et la vidange de plusieurs compartiments. En outre, dans certains cas, travailler à proximité d'une cloison maintenue sous pression peut être interdit. Dans ce cas, la pression de gaz dans les compartiments adjacents doit être réduite ou bien d'autres mesures de sécurité doivent être prises. Lorsque la pression est réduite dans un compartiment contenant un sectionneur, l'isolement doit être assuré par des sectionneurs ou d'autres dispositifs ailleurs dans le poste, ayant la tenue diélectrique sur la distance de sectionnement.

Des exemples montrant la façon dont le compartimentage d'un PSEM peut affecter la continuité de service sont donnés ci-dessous.

Dans certaines implantations, les sectionneurs d'aiguillage des postes à 2 jeux de barres ne sont séparés que par une cloison. Dans la Figure F.1, le démontage de la cloison du compartiment de gaz en 'A' peut nécessiter de mettre hors tension les deux jeux de barres du poste, avec la perte de tous les départs sur cette section, pendant la durée de la réparation.



IEC 1885/11

Figure F.1 – Impact dû au démontage d'une cloison commune entre sectionneurs de jeu de barres

Dans la Figure F.2, le démontage du sectionneur en 'B', y compris ses cloisons, nécessite la vidange des compartiments des sectionneurs adjacents. Ceci entraîne la perte des départs associés pendant la durée de la réparation.

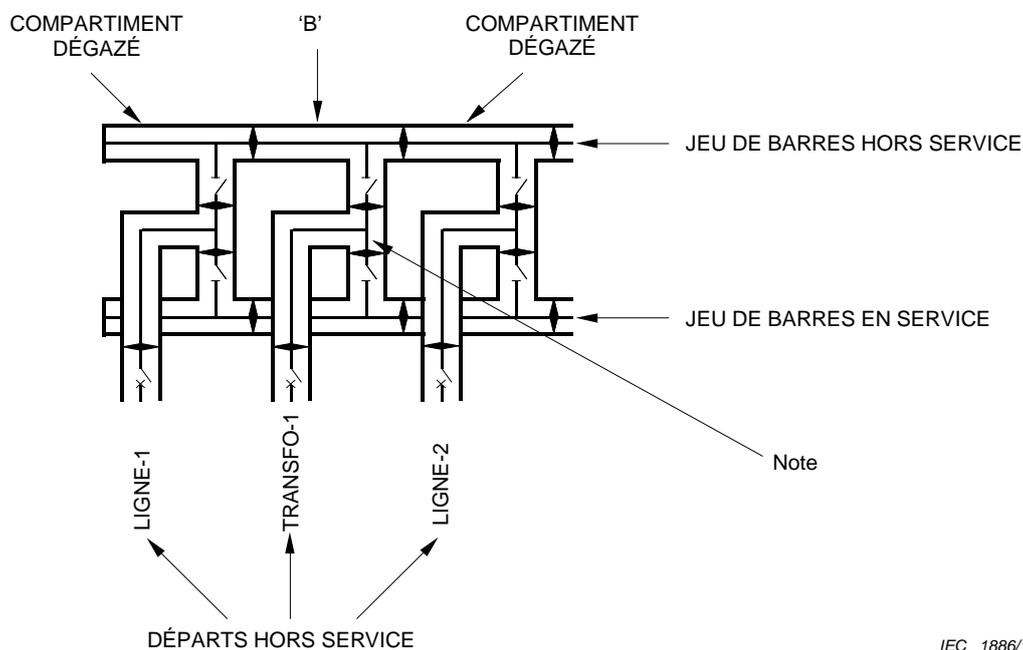


Figure F.2 – Incidence du compartimentage du PSEM sur la continuité de service

NOTE Si le travail à proximité d'une cloison sous pression n'est pas autorisé, le retrait d'exploitation du deuxième jeu de barres pourrait être également nécessaire.

F.4 Étude de cas

F.4.1 Généralités

Une configuration à double jeu de barres est donnée comme exemple à la Figure F.3 ci-dessous, pour illustrer les différents aspects de la continuité de service, avec le choix du schéma de compartimentage indiqué. Ces aspects sont généralement applicables pour tous les schémas unifilaires et pour tous les compartimentages. Différents schémas de compartimentage peuvent être utilisés pour satisfaire aux exigences de continuité de service; par conséquent, l'exemple donné dans cette étude de cas n'est qu'une illustration et ne doit, en aucun cas, être considéré comme une solution normalisée.

Dans l'exemple, le poste a un nombre total de six départs, quatre lignes et deux alimentations de transformateurs. Les jeux de barres sont équipés d'un sectionnement des jeux de barres et d'un couplage. Une future extension est planifiée sur le côté droit du poste.

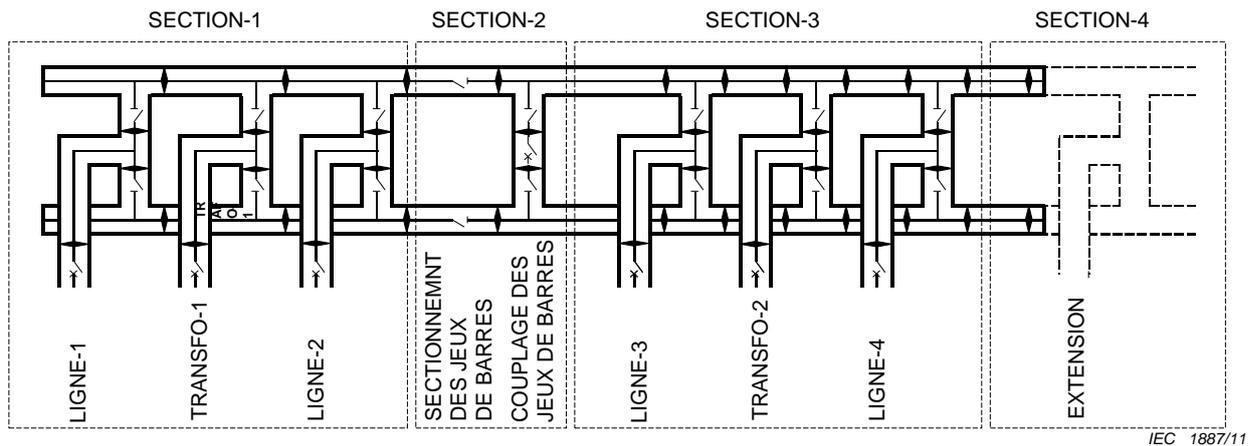


Figure F.3 – Schéma unifilaire avec représentation du compartimentage de gaz

Dans l'étude de cas, on suppose que le travail à proximité d'une cloison sous pression est permis; on suppose également qu'un défaut se produit sur un sectionneur de barres.

La continuité de service ne s'applique pas dans la situation où un défaut se produit pendant que la maintenance est en train d'être effectuée sur d'autres équipements. On ne considère que des événements uniques. Le PSEM est divisé en quatre sections. La section 1 et la section 3 ont des exigences de continuité de service différentes, ce qui entraîne un compartimentage différent.

Les principales situations affectant la continuité de service du PSEM sont:

- la maintenance,
- la réparation après une défaillance,
- les extensions,
- les essais diélectriques sur site.

Ces situations sont étudiées dans les alinéas suivants.

F.4.2 Maintenance

La maintenance inclut les contrôles et les activités planifiées traitant l'usure et le vieillissement normaux des équipements. Ces activités peuvent être:

- des inspections visuelles,
- des essais des mécanismes de commande et de surveillance,
- un échange des contacts des disjoncteurs, des sectionneurs et des sectionneurs de mise à la terre,
- des essais diélectriques sur site (si applicables), voir F.3,
- etc.

De telles activités de maintenance peuvent avoir une incidence sur la continuité de service du poste. Dans notre étude de cas (Figure F.3), la maintenance sur la "LIGNE-1" ne peut affecter que la disponibilité de celle-ci, en conservant en service tous les autres départs.

F.4.3 Réparation après une défaillance

F.4.3.1 Généralités

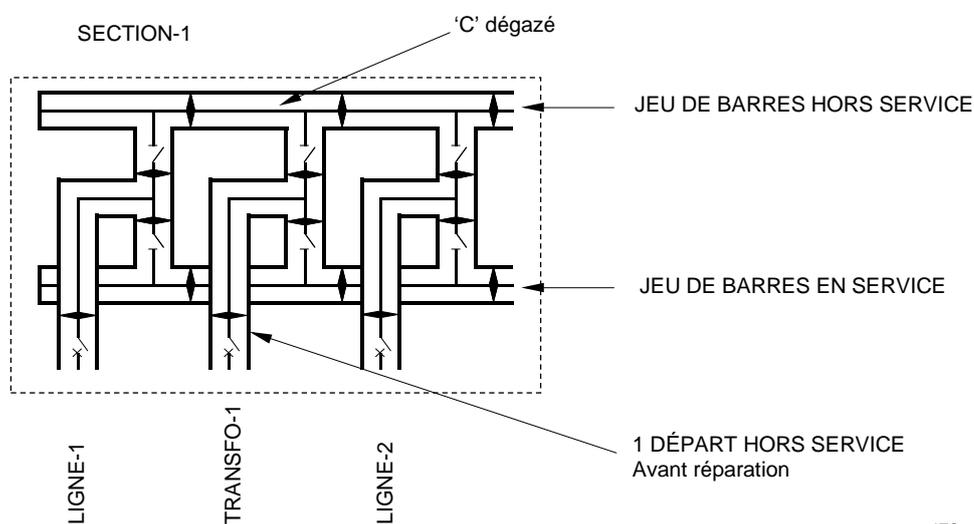
Les activités suivantes sont habituellement engagées après une défaillance majeure:

- localisation et isolement des compartiments défectueux, afin de rétablir le service, même partiellement (en cas de défaillance mineure, par exemple fuite, l'isolement du compartiment défectueux n'est pas nécessaire),
- réparation,
- essais diélectriques sur site (si applicables), voir F.3.

F.4.3.2 Localisation et isolement des compartiments défectueux

- Localisation d'un défaut après le fonctionnement du système de protection par un dispositif approprié (voir 5.102.3),
- isolement du compartiment défectueux en ouvrant les sectionneurs ou en déposant les liaisons amovibles (voir 3.104),
- rétablissement partiel ou total du service.

Dans l'étude de cas, un défaut dans le compartiment 'C' de la SECTION-1 n'affectera que le départ TRANSFO-1 et un seul jeu de barres. Voir Figure F.4.

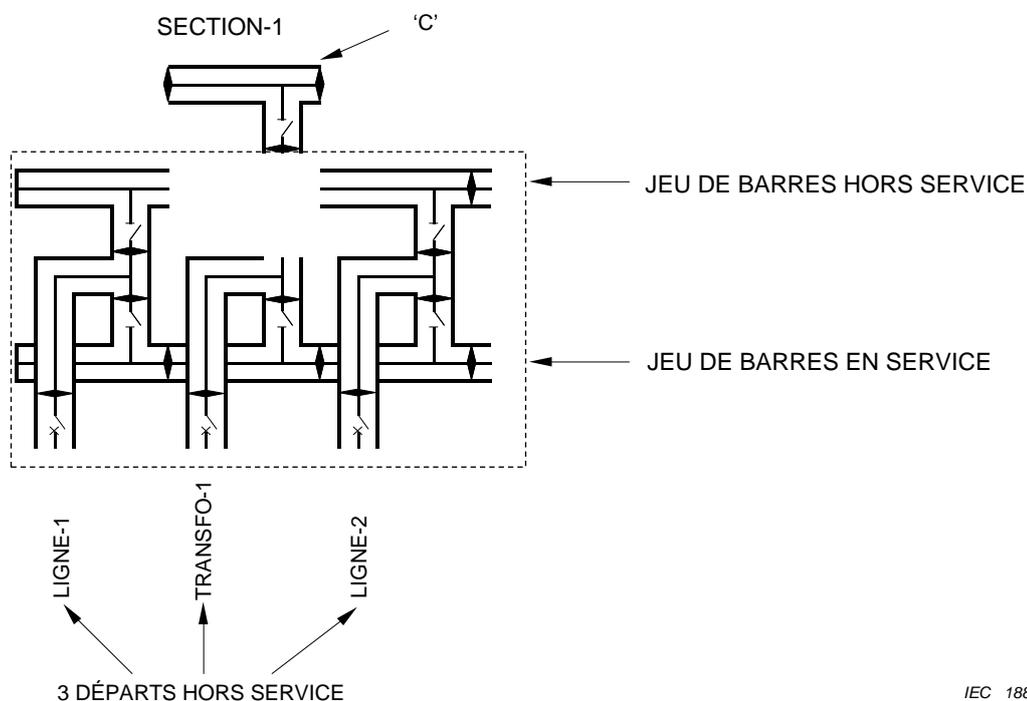


IEC 1888/11

Figure F.4 – Localisation et isolement

F.4.3.3 Réparation

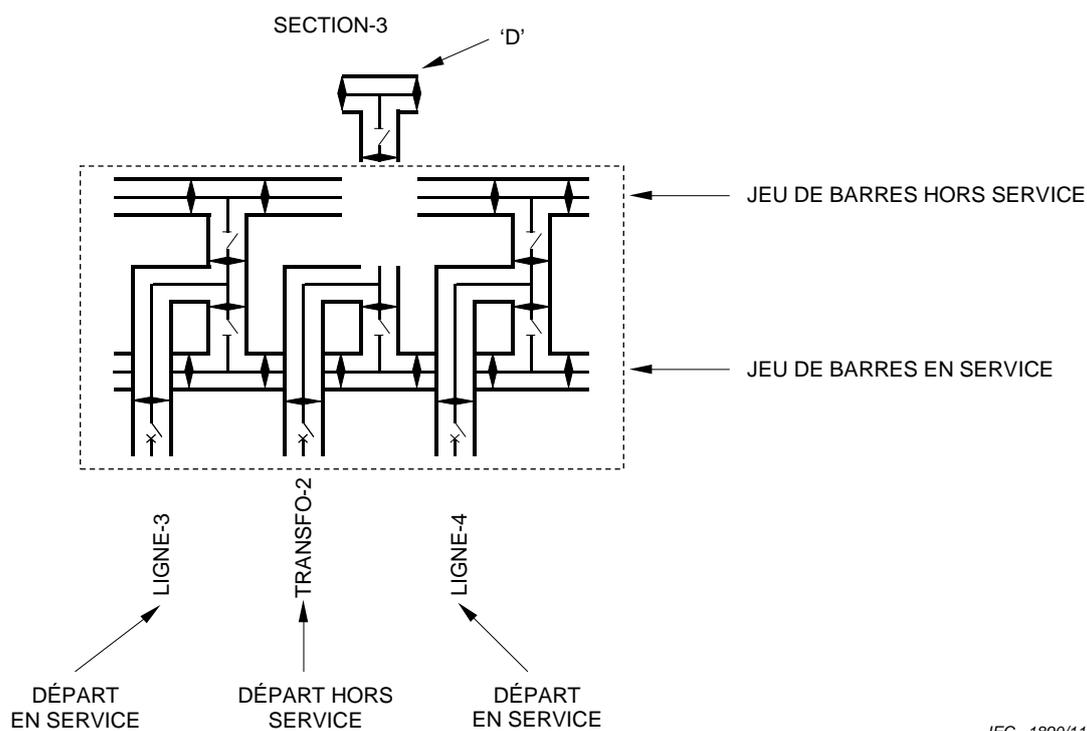
Dans l'étude de cas, le démontage du sectionneur en 'C' dans la SECTION-1 nécessite une perte d'exploitation des départs adjacents. Voir Figure F.5.



IEC 1889/11

Figure F.5 – Démontage du sectionneur de jeu de barres dans la SECTION-1

Dans l'étude de cas, le démontage du sectionneur en 'D' dans la SECTION-3 ne nécessite qu'une perte d'exploitation du départ défaillant et non des départs adjacents. Voir Figure F.6.



IEC 1890/11

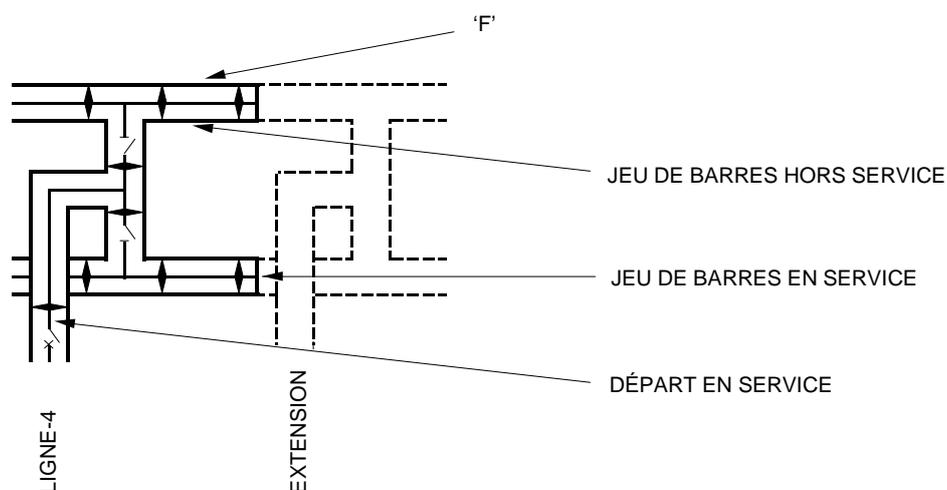
Figure F.6 – Démontage du sectionneur de jeu de barres dans la SECTION-3

F.4.4 Extension

Il convient que l'utilisateur spécifie l'emplacement de la future extension éventuelle, de manière que le constructeur puisse la prendre en considération pour le compartimentage.

Il est alors possible d'effectuer séparément l'essai diélectrique de l'extension sur le site, avant la connexion au PSEM existant ou si elle est raccordée à un PSEM existant par un isolement supplémentaire.

Dans l'étude de cas, un compartiment supplémentaire de jeu de barres 'F' est installé en SECTION-4. Ceci permet l'extension future, sans perte d'exploitation du départ adjacent. Voir Figure F.7.



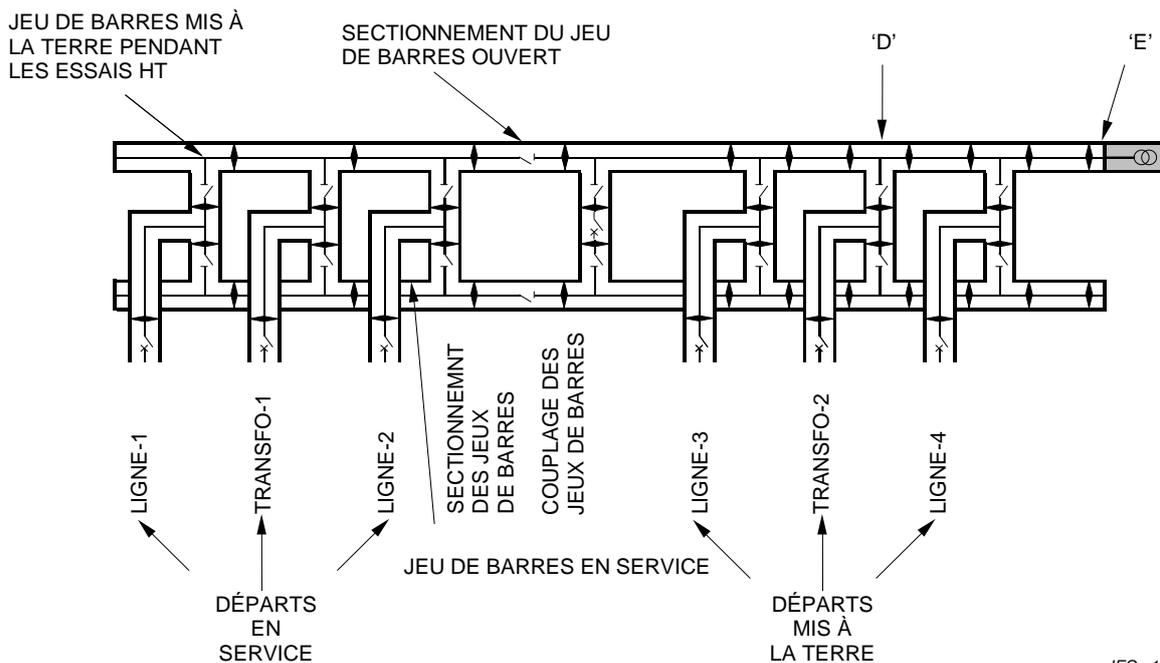
IEC 1891/11

Figure F.7 – Extension

F.4.5 Essais diélectriques sur site

Les essais diélectriques sur site peuvent être requis après maintenance, réparation après défaillance ou extension. Il convient que la procédure d'essai soit conforme au paragraphe 10.2.101.2.3.

Par exemple dans l'étude de cas, les essais du compartiment 'D' nouvellement installé sont effectués par un équipement d'essai HT à la position 'E'. En conséquence, seulement trois départs de la SECTION-1 et une section d'un jeu de barres resteront en service. Voir Figure F.8.



IEC 1892/11

Figure F.8 – Essais diélectriques sur site

F.5 Exigences de l'utilisateur concernant la continuité de service

Il est de la responsabilité des utilisateurs de définir une stratégie de maintenance prenant en compte la continuité de service et, il est de la responsabilité des constructeurs de concevoir et de définir le compartimentage, afin de satisfaire aux besoins des utilisateurs.

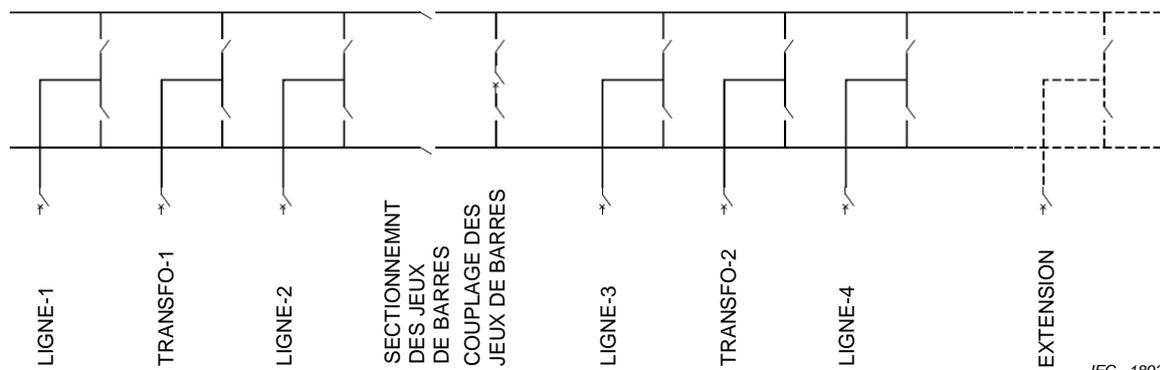
Il convient que les exigences de continuité de service satisfassent un équilibre entre le coût des équipements et la criticité du poste dans le réseau de l'utilisateur.

L'utilisateur peut énoncer des principes généraux permettant une évaluation quantitative de la continuité de service pendant les travaux de maintenance, de réparation ou d'extension. Les énoncés généraux suivants sont donnés à titre d'exemples:

- au moins un départ ligne et une alimentation de transformateur doivent rester en service pendant la maintenance et la réparation ;
- il est permis de mettre hors service au plus un jeu de barres et un départ pendant la maintenance et la réparation ;
- le flux de puissance doit être maintenu entre des départs identifiés, pendant l'extension.

L'utilisateur peut également définir des exigences plus détaillées de continuité de service. Un exemple est donné par le Tableau F.1 basé sur le PSEM de l'étude de cas. Ceci peut être utilisé comme modèle.

Tableau F.1 – Exemple d'exigences de continuité de service

											
Départs ou partie du poste		Maintenance		Après défaillance jusqu'à réparation		Réparation ou remplacement d'un sectionnement de jeu de barres après défaillance		Essai diélectrique		Extension	
		→ Voir F.4.2		→ Voir F.4.3.2		→ Voir F.4.3.3		→ Voir F.4.5		→ Voir F.4.4	
	Continuité de service a)	Durée acceptée (jours) b)	Continuité de service a)	Durée acceptée (jours) b)	Continuité de service a)	Durée acceptée (jours) b)	Continuité de service a)	Durée acceptée (jours) b)	Continuité de service a)	Durée acceptée (jours) a)	
LIGNE-1											
TRANSFO-1											
LIGNE-2											
SECTIONNEMENT DES JEUX DE BARRES											
COUPLAGE DES JEUX DE BARRES											
LIGNE-3											
TRANSFO-2											
LIGNE-4											
EXTENSION "DROITE"											

a) Il convient que l'utilisateur donne les exigences spécifiques de continuité de service comme cela est proposé en F.2 ou donne des énoncés, comme indiqué en F.5.

b) Il convient que l'utilisateur indique la durée acceptée. La durée après défaillance et jusqu'à réparation dépend des pièces de rechange, des outils, des équipements d'essai et du personnel compétent disponibles sur le site. En cas d'indisponibilité, la durée peut se compter en mois.

F.6 Facteurs améliorant la continuité de service

Afin d'obtenir la continuité de service exigée, les facteurs suivants peuvent être considérés parmi d'autres:

- schéma unifilaire (nombre de jeux de barres, séquence des départs, nombre et position des sectionneurs...),
- compartiment de gaz: compartimentage, configuration et conception, nombre de compartiments de gaz, compartiments de gaz supplémentaires (tampons),
- liaisons supplémentaires pour l'isolement,

- position des sectionneurs de terre et dispositifs temporaires de mise à la terre,
- implantation des matériels individuels,
- dispositifs de démontage,
- conception des cloisons: la conception permet-elle de travailler ou non dans un compartiment avec le compartiment adjacent sous pleine pression. En outre, les conditions et les procédures de travail sont à considérer, afin d'éviter des blessures au personnel ou des dommages aux cloisons,
- disposition pour l'essai diélectrique sur site (PSEM et interfaces),
- nécessité d'effectuer des essais diélectriques sur site après la maintenance ou la réparation,
- disposition pour des extensions futures: compartiments de gaz tampons, dispositifs de sectionnement appropriés pour les extensions, sans mise hors tension de l'ensemble du PSEM,
- disponibilité des pièces de rechange, des outils, et du personnel compétent.

Annexe G (informative)

Niveaux d'isolement pour PSEM avec des tensions assignées supérieures à 800 kV

G.1 Généralités

Le marché actuel Ultra Haute Tension des PSEM de tensions assignées supérieures à 800 kV est très limité; il a existé une installation dans le passé en Italie, quelques installations au Japon et en Chine, et des installations prévues en Inde. Bien que ces pays aient déjà défini des caractéristiques assignées, il est nécessaire d'avoir plus d'expérience avant que des caractéristiques assignées normalisées puissent être définies dans la présente norme.

Les niveaux d'isolement assignés relatifs à ces PSEM sont présentés dans la présente annexe.

G.2 Niveau d'isolement

Les niveaux d'isolement utilisés par les différents pays sont récapitulés dans le Tableau G.1.

**Tableau G.1 – Niveaux d'isolement utilisés par différents pays pour les PSEM
de tension assignée supérieure à 800 kV**

Pays concerné	Tension assignée à l'équipement U_r kV (valeur efficace)	Tension de tenue assignée de courte durée à fréquence industrielle U_d kV (valeur efficace)		Tension de tenue assignée au choc de manœuvre U_s kV (valeur de crête)			Tension de tenue assignée au choc de foudre U_p kV (valeur de crête)	
		Entre phase et terre et entre phases	Entre contacts ouverts de l'appareil de connexion et/ou sur la distance de sectionnement	Entre phase et terre	Entre phases (Note 1)	Entre contacts ouverts de l'appareil de connexion et/ou sur la distance de sectionnement	Entre phase et terre et entre phases	Entre contacts ouverts de l'appareil de connexion et/ou sur la distance de sectionnement
Italie	1 050	910	910	1 675	Non applicable	1 675 (+857)	2 250	2 250 (+857)
Japon	1 100	1 100	1 100/1 265 (Note 2)	1 550	Non applicable	1 550	2 250	2 250 (+900)
Chine	1 100	1 100	1 100(+635)	1 800	Non applicable	1 675 (+900)	2 400	2 400 (+900)
Inde	1 200	-	-	1 800	Non applicable	1 800 (+980)	2 400	2 400 (+980)

NOTE 1 Les appareillages conçus actuellement sont en monophasé, encapsulés.

NOTE 2 1 100 kV entre contacts de l'appareil de connexion ouverts et 1 265 kV entre dispositifs d'isolement ouverts.

NOTE 3 Des valeurs normalisées générales sont spécifiées dans la CEI 60038.

Les niveaux d'isolement du tableau ci-dessus sont choisis à la condition de mettre en place des parafoudres à oxyde métallique (MOSA) et des résistances de pré-insertion (PIR). Des détails sont donnés dans les documents listés dans la Bibliographie.

**Annexe H
(informative)**

Liste de notes concernant certains pays

Paragraphe	Texte
6.2.11	Des exceptions nationales sont nécessaires pour le Canada, la France et l'Italie où il est requis par la loi que la tension d'essai durant la vérification d'état sur la distance de sectionnement d'un sectionneur soit de 100 % de la tension assignée d'essai à la fréquence industrielle.

Bibliographie

CEI 60038, *Tensions normales de la CEI*

CEI 60050-441:1984, *Vocabulaire Électrotechnique International – Chapitre 441: Appareillage et fusibles*

CEI 60050-471 :2007, *Vocabulaire Electrotechnique International – Partie 471: Isolateurs*

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

CEI 60071-1:2006, *Coordination de l'isolement – Partie 1: Définitions, principes et règles*

CEI/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)

CEI/TS 60815-2:2008, *Selection and dimensioning of high-voltage insulators intended for use in polluted conditions – Part 2: Ceramic and glass insulators for a.c. systems* (disponible en anglais seulement)

CEI/TS 60815-3:2008, *Selection and dimensioning of high-voltage insulators intended for use in polluted conditions – Part 3: Polymer insulators for a.c. systems* (disponible en anglais seulement)

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

CEI 61672-1, *Électroacoustique – Sonomètres – Partie 1: Spécifications*

CEI 61672-2, *Électroacoustique – Sonomètres – Partie 2: Essais d'évaluation d'un modèle*

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

CEI 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*

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

EN 50052:1986, *Enveloppes moulées en alliage d'aluminium pour l'appareillage haute tension sous pression de gaz*

EN 50064:1990, *Enveloppes en aluminium et alliage d'aluminium corroyés pour l'appareillage à haute tension sous pression de gaz*

EN 50068:1991, *Enveloppes en acier soudé pour l'appareillage à haute tension sous pression de gaz*

EN 50069:1991, *Enveloppes soudées en alliage d'aluminium comportant des parties moulées et des parties en métal corroyé pour l'appareillage à haute tension sous pression de gaz*

EN 50089:1992, *Cloisons en résine moulée pour l'appareillage sous enveloppe métallique à haute tension sous pression de gaz*

EN 61264:1998, *Ceramic Pressurized Hollow Insulators For High-Voltage Switchgear And Controlgear* (disponible en anglais seulement)

IEEE 1416:1998, *IEEE Recommended Practice for the interface of New Gas-insulated Equipment in Existing Gas Insulated Substations* (disponible en anglais seulement)

IEEE C37.24:1986, *IEEE Guide For Evaluating The Effect Of Solar Radiation On Outdoor Metal-Enclosed Switchgear* (disponible en anglais seulement)

IEEE C37.122.1:1993, *IEEE Guide For Gas-Insulated Substations* (disponible en anglais seulement)

CIGRE Brochure Technique 125, 1998: *User guide for the application of gas-insulated switchgear (GIS) for rated voltages of 72,5 kV and above* (disponible en anglais seulement)

CIGRE Brochure Technique 400, 2009: *Technical requirements for substations exceeding 800 kV* (disponible en anglais seulement)

CIGRE Session 1998 – WG 21/23/33-03, *Assessment of the behaviour of gas-insulated electrical components in the presence of an internal arc*, by G. Babusci. E. Colombo. R. Speziali. G. Aldrovandi. R. Bergmann. M. Lissandrin. G. Cordioli. C. Piazza. (disponible en anglais seulement)

CIGRE Working Group A3.22, *Technical requirements for substations exceeding 800 kV, No. 400, December 2009* (disponible en anglais seulement)

Electra 183 (1999), *PD detection system for GIS sensitivity for the UHF method and the acoustic method*, by CIGRE TF15/33.03.05 (disponible en anglais seulement)

RGE: 04/82, *La maîtrise des défauts électriques dans les postes blindés à haute tension isolés au SF₆*, par Gilles Bernard, EDF, France. Publié dans la *Revue Générale de L'Électricité* RGE 4/82, avril 1982.

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

3, rue de Varembé
PO Box 131
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

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