

TECHNICAL REPORT

RAPPORT TECHNIQUE



**High-voltage switchgear and controlgear –
Part 307: Guidance for the extension of validity of type tests of AC metal and
solid-insulation enclosed switchgear and controlgear for rated voltages above
1 kV and up to and including 52 kV**

**Appareillage à haute tension –
Partie 307: Lignes directrices pour l'extension de validité des essais de type
d'appareillages en courant alternatif sous enveloppe métallique et d'isolation
solide pour tensions assignées supérieures à 1 kV et jusqu'à 52 kV inclus**



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2015 IEC, Geneva, Switzerland

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

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

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

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

About the IEC

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

About IEC publications

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

IEC Catalogue - webstore.iec.ch/catalogue

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

IEC publications search - www.iec.ch/searchpub

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

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing more than 30 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in 15 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

More than 60 000 electrotechnical terminology entries in English and French extracted from the Terms and Definitions clause of IEC publications issued since 2002. Some entries have been collected from earlier publications of IEC TC 37, 77, 86 and CISPR.

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

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

A propos de l'IEC

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

A propos des publications IEC

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

Catalogue IEC - webstore.iec.ch/catalogue

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

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

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

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne de termes électroniques et électriques. Il contient plus de 30 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 15 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

Plus de 60 000 entrées terminologiques électrotechniques, en anglais et en français, extraites des articles Termes et Définitions des publications IEC parues depuis 2002. Plus certaines entrées antérieures extraites des publications des CE 37, 77, 86 et CISPR de l'IEC.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

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

TECHNICAL REPORT

RAPPORT TECHNIQUE



**High-voltage switchgear and controlgear –
Part 307: Guidance for the extension of validity of type tests of AC metal and
solid-insulation enclosed switchgear and controlgear for rated voltages above
1 kV and up to and including 52 kV**

**Appareillage à haute tension –
Partie 307: Lignes directrices pour l'extension de validité des essais de type
d'appareillages en courant alternatif sous enveloppe métallique et d'isolation
solide pour tensions assignées supérieures à 1 kV et jusqu'à 52 kV inclus**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 29.130.10

ISBN 978-2-8322-2903-3

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

CONTENTS

FOREWORD	5
1 General	7
1.1 Scope	7
1.2 Normative references	7
2 Terms and definitions	7
3 Use of extension criteria	9
3.1 General	9
3.2 Parameters for extension criteria	10
3.3 Use of calculations	10
3.3.1 General	10
3.3.2 Temperature rise calculations	11
3.3.3 Electric field calculations	11
3.3.4 Mechanical stress calculations	11
3.3.5 Short-circuit current calculations	11
3.3.6 Internal arc pressure rise calculations	12
3.4 Information needed for extension of type test validity	12
4 Application of extension criteria	12
4.1 Dielectric tests	12
4.2 Temperature rise tests	13
4.3 Mechanical tests	15
4.4 Short-time and peak withstand current tests	15
4.5 Making and breaking tests	16
4.6 Internal arc fault tests	17
4.6.1 General	17
4.6.2 Extension criteria with respect to design	17
4.6.3 Extension criteria with respect to ratings and installation conditions	18
5 Extending the validity of type tests	19
5.1 General	19
5.2 Extension of validity of a test report to other functional units (situation a)	20
5.3 Validation of a family by selection of test objects (situation b)	21
5.3.1 General	21
5.3.2 Mapping of the family	21
5.3.3 Specification of test objects	22
5.4 Validation of an assembly by existing test reports (situation c)	22
5.5 Validation of a design modification (situation d)	23
Annex A (informative) Rationale for the extension criteria	24
A.1 General	24
A.2 Dielectric tests	24
A.2.1 General	24
A.2.2 Clearances (Items 1 and 2)	24
A.2.3 Insulating supports and material (Items 3 and 4)	24
A.2.4 Live parts (Items 5 and 6)	25
A.2.5 Open contact gap and isolating distance (Items 7 and 8)	25
A.2.6 Minimum functional pressure for insulation (Item 9)	25
A.3 Temperature rise tests	25
A.3.1 General	25

A.3.2	Centre distance between phase conductors (Item 1).....	26
A.3.3	Phase to earth distance (Item 2).....	26
A.3.4	Enclosure and compartment volume (Item 3)	26
A.3.5	Insulating gas (Item 4)	27
A.3.6	Conductors (Items 5 and 6)	27
A.3.7	Conductor joints and connections (Items 7, 8 and 9).....	27
A.3.8	Ventilation area of partitions and enclosure (Item 10)	27
A.3.9	Power dissipation of components (Item 11).....	28
A.3.10	Insulating barriers (Item 12).....	28
A.3.11	Insulating coating of conductors and enclosures (Item 13 and 14)	28
A.3.12	Insulating material in contact with conductors (Item 15).....	29
A.4	Mechanical tests	29
A.4.1	General	29
A.4.2	Shutter systems (Item 1).....	29
A.4.3	Contacts of removable parts (Item 2)	30
A.4.4	Interlocking systems (Items 3 and 4).....	30
A.5	Short-time and peak withstand current tests.....	30
A.5.1	General	30
A.5.2	Centre distance between phase conductors (Item 1).....	31
A.5.3	Conductors (Items 2, 5 and 6).....	31
A.5.4	Insulating conductor supports (Items 3 and 4).....	31
A.5.5	Insulating material in contact with conductors (Item 7).....	32
A.5.6	Enclosure, partitions or bushings (Item 8).....	32
A.5.7	Contacts of removable part (Item 9).....	32
A.6	Making and breaking tests	32
A.6.1	General	32
A.6.2	Clearance between phases and to earth (Items 1 and 2).....	33
A.6.3	Enclosure and compartment volume (Item 3)	33
A.6.4	Insulating gas (Item 4)	33
A.6.5	Conductors (Items 5 and 6)	33
A.6.6	Insulating supports (Items 7, 8 and 9).....	33
A.7	Internal arc fault tests	34
A.7.1	General	34
A.7.2	Clearance between phases and to earth (Items 1 and 2).....	34
A.7.3	Compartment volume (Item 3).....	34
A.7.4	Pressure of insulating gas (Item 4)	35
A.7.5	Material in the region of arc initiation (Items 5, 6, 7 and 8).....	35
A.7.6	Pressure relief opening devices (Items 9, 10 and 11).....	35
A.7.7	Enclosure and compartments (Items 12, 13, 14 and 15).....	36
A.8	Rationale for extension criteria with respect to arc fault ratings and installation conditions	36
A.8.1	General	36
A.8.2	Rated arc fault current and duration (items 1 and 2)	36
A.8.3	Rated voltage (item 3)	36
A.8.4	Rated frequency (item 4)	37
A.8.5	Arrangement of assembly (items 5, 6 and 7)	37
A.8.6	Indoor or outdoor installation (item 8)	37
A.8.7	Type of accessibility (item 9)	37
A.8.8	Accessible sides (item 10)	37

Annex B (informative) Examples for the extension of validity of type tests.....	38
B.1 General.....	38
B.2 Design modification of a cable terminal in air insulated switchgear (AIS).....	38
B.3 Design modification of an AIS bus riser functional unit by adding current transformers	39
B.4 Design modification of a key-lock in the door of a functional unit of AIS	41
B.5 Extension of a ring-main unit (GIS) to functional units with larger width.....	41
B.6 Extension of a family of gas insulated switchgear (GIS) by a functional unit.....	43
Bibliography.....	46
Figure 1 – Extension of validity of one test report; situation a)	20
Figure 2 – Validation of a family by selection of appropriate test objects; situation b).....	21
Figure 3 – Validation of actual assembly with existing test reports; situation c).....	23
Figure B.1 – Cable terminals in the connection compartment of air insulated switchgear.....	38
Figure B.2 – Addition of block-type current transformers into the bus riser functional unit of air insulated switchgear.....	40
Figure B.3 – Special type of key-lock as replacement for a standard key-lock in the door of air insulated switchgear	41
Figure B.4 – Front view and top cross sectional view of a combination of functional units making up a ring-main unit	42
Figure B.5 – Cross-section of two different functional units of GIS	44
Table 1 – Examples of design parameters.....	10
Table 2 – Extension criteria for dielectric withstand performance	13
Table 3 – Extension criteria for temperature rise performance	14
Table 4 – Extension criteria for mechanical performance	15
Table 5 – Extension criteria for short-time and peak withstand current performance	16
Table 6 – Extension criteria for making and breaking capacity	17
Table 7 – Extension criteria for internal arc fault withstand performance	18
Table 8 – Extension criteria for internal arc fault classification with respect to installation conditions	19
Table B.1 – Affirmation of extension criteria with respect to dielectric withstand performance of a functional unit.....	39
Table B.2 – Affirmation of extension criteria with respect to short-time current withstand performance of a functional unit	40
Table B.3 – Affirmation of extension criteria with respect to temperature rise performance of a ring-main-unit	43
Table B.4 – Affirmation of extension criteria with respect to internal arc classification of a GIS circuit-breaker compartment.....	44

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

HIGH-VOLTAGE SWITCHGEAR AND CONTROLGEAR –

**Part 307: Guidance for the extension of validity of type tests of
AC metal and solid-insulation enclosed switchgear and controlgear
for rated voltages above 1 kV and up to and including 52 kV**

FOREWORD

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as "IEC Publication(s)"). Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

The main task of IEC technical committees is to prepare International Standards. However, a technical committee may propose the publication of a technical report when it has collected data of a different kind from that which is normally published as an International Standard, for example "state of the art".

IEC TR 62271-307, which is a technical report, has been prepared by subcommittee 17C: Assemblies, of IEC technical committee 17: High-voltage switchgear and controlgear.

This Technical Report is to be read in conjunction with IEC 62271-200 published in 2011 and IEC 62271-201 published in 2014.

The text of this Technical Report is based on the following documents:

Enquiry draft	Report on voting
17C/625/DTR	17C/632/RVC

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

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

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

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

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

IMPORTANT – The 'colour inside' logo on the cover page of this publication indicates that it contains colours which are considered to be useful for the correct understanding of its contents. Users should therefore print this document using a colour printer.

HIGH-VOLTAGE SWITCHGEAR AND CONTROLGEAR –

Part 307: Guidance for the extension of validity of type tests of AC metal and solid-insulation enclosed switchgear and controlgear for rated voltages above 1 kV and up to and including 52 kV

1 General

1.1 Scope

This Part of IEC 62271, which is a Technical Report, refers to prefabricated metal-enclosed and solid-insulation enclosed (both hereinafter called enclosed) switchgear and controlgear assemblies for alternating current of rated voltages above 1 kV and up to and including 52 kV as specified in IEC 62271-200 and IEC 62271-201, and to other equipment included in the same enclosure with any possible mutual influence.

This Technical Report may be used for the extension of the validity of type tests performed on one test object with a defined set of ratings to another switchgear assembly of the same family with a different set of ratings or different arrangements of components. It supports the selection of representative test objects composed of functional units of a family of switchgear and controlgear aimed at the optimization of type tests in order to perform a consistent conformity assessment.

This Technical Report utilises a combination of sound technical and physical principles, manufacturer and user experience and calculations to establish guidance for the extension of validity of type tests, covering various design and rating aspects.

1.2 Normative references

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

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

IEC 60050-441:1984/AMD1:2000

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

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

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

2 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC 60050-441, IEC 62271-1, IEC 62271-200, IEC 62271-201, as well as the following apply.

NOTE Some standard terms and definitions are recalled here for ease of reference.

2.101

switchgear and controlgear

general term covering switching devices and their combination with associated control, measuring, protective and regulating equipment, also assemblies of such devices and equipment with associated interconnections, accessories, enclosures and supporting structures

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-11-01]

2.102

family of switchgear and controlgear

functional units designed to be physically combined in assemblies and providing a range of ratings and characteristics (e.g. current, voltage, degree of protection)

2.103

functional unit (of an assembly)

a part of an assembly of switchgear and controlgear comprising all the components of the main circuits and auxiliary circuits that contribute to the fulfilment of a single function

Note 1 to entry: Functional units may be distinguished according to the function for which they are intended e.g.: incoming unit, through which electrical energy is normally fed into the assembly, outgoing unit through which electrical energy is normally supplied to one or more external circuits.

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-13-04]

2.104

assembly (of switchgear and controlgear)

a combination of switchgear and/ or controlgear completely assembled with all internal electrical and mechanical interconnections

Note 1 to entry: An assembly is comprised of one or more functional units

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-12-01, modified – addition of a note to entry.]

2.105

component

essential part of the high voltage or earthing circuits of metal and solid-insulation enclosed switchgear and controlgear which serves a specific function

Note 1 to entry: Examples of components include: circuit-breaker, disconnector, switch, fuse, instrument transformer, bushing, bus-bar.

[SOURCE: IEC 62271-200:2011, 3.113, modified – rephrasing of the definition and addition of a note to entry.]

2.106

main circuit

all the high voltage conductive parts of metal and solid-insulation enclosed switchgear and controlgear included in a circuit which is intended to carry the rated normal current

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-13-02, modified – rephrasing of the definition.]

2.107

test object

item submitted to a test, including any accessories, unless otherwise specified

[SOURCE: IEC 60050-151:2001, 151-16-28]

2.108**extension (of validity) criterion**

criterion based on the design parameters, which can be applied to validate the performance of an untested assembly based on the positive results of a test performed on another assembly for a specific characteristic

2.109**homogeneous group**

group of functional units of a family of switchgear and controlgear having design parameters which allows for a specific characteristic extending the validity of the result of a type test performed on one member of the group to the rest of the group

2.110**clearance**

the distance between two conductive parts along a string stretched the shortest way between these conductive parts

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-17-31]

2.111**clearance between phases**

the clearance between any conductive parts of adjacent phases

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-17-32; modified – modification of the term.]

2.112**clearance to earth**

the clearance between any conductive parts and any parts which are earthed or intended to be earthed

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-17-33]

2.113**centre distance between phases**

distance between the centres of adjacent phase conductors

3 Use of extension criteria**3.1 General**

Because of the variety of types of functional units, ratings and possible combinations of components, it is not practical to perform type tests with all the possible assemblies of enclosed switchgear and controlgear. Therefore, the performance of a particular assembly may be evaluated by reference to type test reports of other assemblies of the same family of switchgear and controlgear. Subclauses 4.1 to 4.6 provide for each kind of type test (or characteristic) a non-exhaustive list of design parameters, which should be analysed for extension of validity.

The analysis should be based on sound technical and physical principles and may be supported by calculations, if applicable.

Each design parameter of the assembly to be assessed listed in the respective column of the tables in 4.1 to 4.6 should be compared with the design parameter of the already type tested assembly applying the acceptance criteria provided in the same tables. The affirmation of every extension criterion allows a test performed on one assembly having specific characteristics to be applied to another assembly of the same family with different characteristics (e.g. some of the ratings or dimensions). For example, the affirmation of

item (1) in Table 2 reads: the clearance between phases of the assessed assembly is larger or equal the clearance between phases of the tested assembly.

If any of the extension criteria cannot be affirmed, further evidence is required e.g. by technical arguments, calculation /simulation or specific tests. Calculations can only be applied in a comparative sense as indicated in 3.3.

3.2 Parameters for extension criteria

The criteria for the extension of type tests available for a family of switchgear and controlgear depend on a number of design parameters such as the ones listed in Table 1. Every assembly is characterized by its own set of design parameters.

Component parameters are design and operating parameters that influence the capability of the component with respect to its own ratings. These parameters are controlled and specified by the manufacturer of the component. All applications of a component within a family of switchgear and controlgear should meet the manufacturer's specified tolerances for component parameters. The extension of validity of type tests according to a component standard is outside the scope of this Technical Report.

NOTE Some switching devices, such as earthing switches, may not be available as a separate component and need to be tested inside an assembly according to their relevant component standards.

Table 1 – Examples of design parameters

Design parameter	Related to
Raw material of a contact in a switching device	Component
Geometry of a contact in a switching device	Component
Opening and closing speed of a switching device	Component
Allowable rebound time of a switching device	Component
Clearance between phases	Component / assembly
Clearance to earth	Component / assembly
Pressure of insulating gas in a compartment	Component / assembly
Insulation class of all insulation parts in contact with conductors	Component / assembly
Length of unsupported section of bus-bar	Assembly
Arrangement of components	Assembly
NOTE This table includes examples only; it is not intended to be complete	

Assembly parameters are those parameters that are directly influenced by the design of an assembly of a family of switchgear and controlgear, however, they may depend on component parameters. Assembly parameters are considered within the scope of this Technical Report.

3.3 Use of calculations

3.3.1 General

For the purpose of this Technical Report, calculations and simulations may only be applied in a comparative sense using calculation results available for a type tested assembly and results obtained for another assembly that is under investigation. The comparison is always based on the design parameters and the acceptance criteria in Tables 2 to 7.

In many cases the performance of a given assembly, with respect to a particular type test, cannot be evaluated by a single value of a design parameter due to the complexity of the design. For example, the clearance between phase conductors might vary considerably along the current path. Calculations have the potential to compare the respective design parameter with spatial resolution supporting a comparison using technical arguments and expertise.

Depending on the type test and the particular design parameter, sometimes a simple model of the relevant switchgear might be sufficient using an analytical or empirical formula, and sometimes a complete three-dimensional simulation model might be required using a complex numerical tool provided the results of the simulation tool are consistent and repeatable.

The validation of software tools and calculation methods themselves is outside the scope of this Technical Report. Some of these calculation methods are briefly mentioned below with their particular characteristics.

3.3.2 Temperature rise calculations

The Technical Report IEC TR 60890 [1]¹ provides calculation procedures for low voltage assemblies, which could also be applied to high voltage switchgear assemblies having regard to the particular limitations of this calculation method. The calculation is done in dependence of the total power generated inside, the area of enclosure walls and their mounting conditions, the number of horizontal partitions, and the area of ventilation openings. The temperature of air inside the tested compartment is the parameter to compare.

For complex geometries, a comparison may be performed by thermal networks, where the whole assembly with all components is divided into discrete elements built from heat generating resistors and heat conducting and convection elements. Also, more complex CFD tools (computational fluid dynamics) may be applied requiring a complete 3-dimensional model of the switchgear.

3.3.3 Electric field calculations

The dielectric withstand performance of two assemblies may be assessed by an electric field simulation of both designs comparing the resulting electric field strengths. Finite element (FE) or finite volume (FV) software tools exist, which allow simulating even complex three-dimensional geometries. A CIGRE publication [2] concludes in particular with respect to electric field calculations: "Simulation is an excellent and instructive tool... to predict performance, where performance is proven by tests on similar designs (interpolation)".

It may be remarked that this Technical Report does not provide information for extrapolation but only for interpolation of characteristics, e.g. extending validity to higher values of electric field strengths is not covered.

3.3.4 Mechanical stress calculations

Simulation software for operating mechanisms exists and can give information on the mechanical stress on parts of the mechanism. However, it is not feasible to assess the mechanical endurance by these programs. Therefore at the present state of available simulation software, it is not recommended to use simulations for the extension of validity of mechanical type tests. Nevertheless, the strength of single parts or mechanical supports may be assessed by such calculations.

3.3.5 Short-circuit current calculations

With respect to the short-time current withstand performance, guidance and calculation formulas for bus-bar designs can be found in a guideline on short-circuit withstand of low voltage assemblies [3, 4, 5]. This includes the determination of mutual electromagnetic forces between phase conductors and the resulting mechanical stress which is able to bend bus-bar conductors and damage insulators. The mechanical stress on bus-bars and forces on the supports may be assessed through stress analysis programs, when applying the calculated electro-magnetic forces. Additionally, a calculation of the thermal stress using $I_k^2 t_k$ might be done when the assessment is made for a lower I_k and higher t_k than the ones tested.

¹ Numbers in square brackets refer to the Bibliography.

3.3.6 Internal arc pressure rise calculations

The comparison of the pressure withstand performance of two assemblies may be substantiated by pressure rise calculations for the compartments under investigation [6]. The calculations are able to provide the pressure rise in the compartments under consideration of the opening of pressure relief devices. An assessment of the strength of the enclosure walls under the pressure stress can be made for simple geometries using calculation formula, otherwise using finite element mechanical stress analysis.

The flow of hot gases expelled from the compartment may be simulated by CFD programs, however, it is, at the time of the publication of this Technical Report, not possible to simulate the ignition of indicators, which is an important acceptance criterion in the type test. Therefore such programs have limited applications for the extension of type test validity.

3.4 Information needed for extension of type test validity

For the extension of type test validity, similar information on the assembly under evaluation should be collected as is required for type test objects according to IEC 62271-1:2007, 6.1.3. In addition, the tables given in Clause 4 should be used to provide for each characteristic i.e. type test relevant information on design parameters of the tested object and of the functional units under evaluation. Only the tables that are relevant for the characteristic under evaluation need to be used.

The applicable type test reports of the tested assembly should be provided as far as they concern the comparison of the two assemblies.

It is recommended that the manufacturer provides relevant information on design parameters of the tested object as listed in the tables of Clause 4 to be included in any type test report in addition to the information required by the product standards.

Most often single value design parameters are not sufficient to perform the evaluation. In this case relevant drawings of both objects may be necessary.

If a comparison is substantiated by calculations, numerical data or by formula, the type of software used, the reference number of the calculation report and short summary of the results should be given.

Documents providing traceability of the analysis performed should be established. Such documents should be part of the report for extending the validity of performed type tests to the whole family or part of the family of switchgear and controlgear.

4 Application of extension criteria

4.1 Dielectric tests

The criteria listed in Table 2 should be taken into consideration for all parts of the switchgear and controlgear assembly. The evaluation is applicable to the extension of validity of dielectric withstand tests from one functional unit or assembly to another belonging to the same family of switchgear and controlgear having the same or a lower rated insulation level.

If necessary for dielectric performance, insulating barriers and supplementary insulation may have been included in type tested objects according to IEC 62271-1:2007, 6.2.3, and therefore extension of the type test validity may only be performed on functional units or assemblies having the same arrangement and design of such insulation.

The test object shall contain suitable items or replicas that reproduce the field configuration of, for example, the high voltage connections of instrument transformers or fuses posing the most onerous test conditions (refer to IEC 62271-200:2011, 6.2.6.1 and 6.2.6.2). This allows

extending the validity of type tests to the use of components with different technical specification provided they have the same external electric field configuration. The same considerations can be made for other high and low voltage accessories like surge arresters and heaters.

Table 2 – Extension criteria for dielectric withstand performance

Item	Design parameter	Acceptance criterion	Condition
(1)	(2)	(3)	(4)
1	Clearance between phases	$\geq$	
2	Clearance to earth	$\geq$	
3	Creepage distance	$\geq$	NOTE 1
4	Electrical properties of Insulating material	$\geq$	A comparative result between two materials might be required (e.g. Comparative Tracking Index according to IEC 60112 [7])
5	Surface roughness of live parts	$\leq$	
6	Radius of conductive parts	$\geq$	Not only the radius of live parts, but also the radius of all other conductive parts facing live parts (e.g. earthing devices, enclosure, LV wiring, supporting structures) should be considered. NOTE 2
7	Open contact gap	$\geq$	If influenced by the switchgear assembly
8	Isolating distance	$\geq$	If influenced by the switchgear assembly
9	Minimum functional pressure for insulation	$\geq$	Same fluid; for fluid insulated switchgear
NOTE 1 The field distribution along the insulating surface is also relevant.			
NOTE 2 The geometry of parts made of insulating materials changes the electric field as well.			

4.2 Temperature rise tests

The extension criteria for temperature rise performance at rated normal current equal to or smaller than assigned to the type tested functional unit are summarised in Table 3. The table does not consider forced ventilation.

The current carrying capacity of a functional unit is also dependent on the design of the bus-bar connection and on the distribution of current in adjacent functional units. Since the temperature rise test should be performed under the most severe conditions as required by the standard (e.g. IEC 62271-200:2011, 6.5), it is assumed that the impact of surrounding functional units on the temperature rise performance is equal or lower than the impact during the type test.

Where a functional unit may include different members of a family of components such as instrument transformers or fuses, these components should be compared one by one with respect to power dissipation in order to extend the validity of the type test to the whole family of components.

For extension of rated frequency from 50 Hz to 60 Hz refer to 6.5.2 of IEC 62271-200:2011.

Current transformers have to be tested and verified according to their own component standards. Where current transformers are fitted in a functional unit they may be considered acceptable if they have a power dissipation of the primary and secondary windings at the rated normal current of the functional unit that is equal to or less than that installed in the type tested functional unit. Current transformers with lower current rating that have higher primary resistance can only be applied in the switchgear and controlgear at lower normal current,

where they have the same or lower primary and secondary power dissipation. The same should be considered for other components such as transformers supplying auxiliary control circuits.

Table 3 – Extension criteria for temperature rise performance

Item	Design parameter	Acceptance criterion	Condition
(1)	(2)	(3)	(4)
1	Centre distance between phases	$\geq$	Only to be validated for rated normal currents above 1250 A (see IEC 62271-1:2007, 6.5.2)
2	Phase to earth distance	$\geq$	Only to be validated if an influence on the surrounding elements due to currents cannot be excluded, e.g. eddy currents and magnetising currents. NOTE 1
3	Enclosure/compartiment dimensions (L,H,W) and volume	$\geq$	The enclosure and compartments are of the same construction. NOTE 1
4	Minimum pressure of insulating gas	$\geq$	Same gas; for gas insulated switchgear
5	Current density of conductors	$\leq$	The conductors have the same physical arrangement
6	Resistance per unit length of conductors	$\leq$	Compare conductor material and cross-section NOTE 2
7	Contact surface area of connections / joints	$\geq$	Same or better contact material
8	Contact force of connections / joints	$\geq$	Same or better contact material
9	Permissible temperature of contact materials of connections / joints	$\geq$	Including metallic coatings having the same or lower resistivity
10	Effective ventilation area of partitions and enclosure	$\geq$	NOTE 3
11	Power dissipation of components	$\leq$	Here the main switching devices, fuses and current transformers are considered. NOTE 4
12	Area of insulating barriers	$\leq$	Barriers have the same physical arrangement
13	Thickness of insulating coating of conductors	$\leq$	Thermal resistivity and emission coefficient of the coating should be the same. NOTE 5
14	Total coated surface area of enclosure for heat transfer	$\geq$	The emission coefficient of the coating should be the same.
15	Temperature class of insulating material in contact with conductors	$\geq$	

NOTE 1 The use of non-ferromagnetic material for enclosure and partitions will reduce heat generated by alternating magnetic fields compared with e.g. mild steel, when the conductors cross them.

NOTE 2 Electrical and thermal resistance are supposed to be proportional.

NOTE 3 The degree of protection (IP code) is relevant.

NOTE 4 The power dissipation of both primary and secondary windings of current transformers is relevant.

NOTE 5 Coating of bus-bars, e.g. with paint, improves the heat transfer to the surrounding medium. The colour of the paint has no significant effect on the thermal radiation.

4.3 Mechanical tests

The switching devices used in a family of switchgear and controlgear have to be type tested with respect to functionality and mechanical endurance according to the relevant component standard. This is applicable to the operating mechanisms of the switching devices, as well as to the shafts and interfaces used for manual or power operation. Mechanical position indicators are also covered by the component standards.

The mechanical parts being assessed in the switchgear assembly, which are not covered by a dedicated component standard, are:

- shutter systems,
- contacts of the removable part,
- interlocks and kinematic chain of operating linkages.

Any changes in the design of the functional unit affecting the mounting / support of the switching device and the aforementioned parts should be carefully checked with respect to their impact on the mechanical behaviour. An extension of validity may only be carried out when the type tested arrangement of components is considered to operate under equal or more onerous conditions. Table 4 provides extension criteria for parts not covered by component standards provided that the number of assigned operations of the involved parts is equal or less than those of the type tested assembly.

Table 4 – Extension criteria for mechanical performance

Item	Part	Design parameter	Acceptance criterion	Condition
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1	Shutter systems	1. Strength of locked mechanical linkage, including shutter	≥	The principle design of the shutter system is the same, but dimensions may be different. See NOTE
		2. Mass of shutter	≤	
2	Contacts of removable part	1. Number of contact points	≤	The designs of contacts, including base and coating material, and supports of movable and fixed contacts are the same
		2. Contact force per contact	≤	
		3. Roughness of contact surface	≤	
3	Interlocking-system directly operated on the mechanical chain	1. Strength of locked mechanical linkage	≥	The principle design of the interlocking system is the same, but dimensions may be different. See NOTE
		2. Torque applied during operation attempt	≤	
4	Interlocking-system preventing access to the operating devices	1. Strength of locked mechanical linkage	≥	The principle design of the interlocking system is the same, but dimensions may be different. See NOTE
		2. Normal operating force	≤	
NOTE The compartment / enclosure is assessed with respect to strength as far as fixing and mounting of interlocks and operating shafts are concerned				

4.4 Short-time and peak withstand current tests

Extension of validity of the short-time and peak withstand current type tests obtained on the main and earthing circuits of assemblies of functional units in accordance with IEC 62271-200 or IEC 62271-201 to other assemblies of the same family may be made using the criteria given in Table 5 provided that they have equal or smaller short-circuit current ratings (I_k and I_p) regardless of the value of the frequency (50/60 Hz). The short-circuit duration t_k may be longer as long as the condition for $I_k^2 t_k$ given in 6.6.2 of IEC 62271-1:2007 is respected.

Exchange of type tested switching devices is considered in Table 5. Validation of modifications inside these switching devices are outside the scope of this Technical Report.

In order to extend the validity of a type test performed on a bus-bar compartment, it is assumed that the type test has been performed with at least two sections in series with identical bus-bar cross-section. This also allows for the evaluation of different bus-bar joints by affirmation of the items in Table 5.

Table 5 – Extension criteria for short-time and peak withstand current performance

Item	Design parameter	Acceptance criterion	Condition
(1)	(2)	(3)	(4)
1	Centre distance between phases	$\geq$	
2	Electro-dynamic forces due to current path	$\leq$	The conductors have the same physical arrangement. NOTE 1
3	Mechanical strength of insulating conductor supports	$\geq$	NOTE 2 and NOTE 3
4	Length of unsupported sections of conductors	$\leq$	
5	Cross-section of conductors	$\geq$	Connections of the conductors are scaled and have the same or greater clamping force and contact area. NOTE 4 and NOTE 5
6	Material of conductors	same	NOTE 4 and NOTE 5
7	Temperature class of insulating material in contact with conductors	$\geq$	
8	Mechanical strength of the enclosure /partitions/ bushings	$\geq$	NOTE 2 and NOTE 3
9	Contacts of removable part	Same	Consider complete design of contact sub-assembly and the fixing / mounting of the removable part.
NOTE 1 The effect of different paths can be assessed by calculation of electro-dynamic forces NOTE 2 Strength includes mechanical resistance to compression, traction, and bending loads. NOTE 3 The enclosure can provide the base for the mechanical supports. NOTE 4 In case of earthing circuits: in some designs, conductors can include parts of the metallic enclosure being used as earthing circuit. NOTE 5 Conductors include connections in the main circuit and in the earthing circuit up to the earthing terminal.			

4.5 Making and breaking tests

Switching devices forming part of the main and earthing circuit of enclosed switchgear and controlgear shall have their rated making and breaking capacities verified according to the relevant component standards. The standard IEC 62271-200:2011 expresses that additional “tests are not necessary if making and breaking tests have been performed on the switching devices installed in metal-enclosed switchgear and controlgear with identical or more onerous conditions.” It already provides a note with respect to which effects might influence the performance of the switching devices such as mechanical forces due to the short circuit, the venting of arc products, the possibility of disruptive discharges, etc. and also recognizes that, in some cases, such influence may be negligible.

The rules for the extension of validity of breaking and making tests are described in 6.101 of IEC 62271-200:2011 and equivalent in IEC 62271-201:2014. Table 6 lists the relevant design parameters that should be considered to establish the same or less onerous conditions. All parameters in Table 6 are assembly parameters. Table 6 also applies to removable parts.

Table 6 – Extension criteria for making and breaking capacity

Item	Design parameter	Acceptance criterion	Condition
(1)	(2)	(3)	(4)
1	Clearance between phases	$\geq$	See NOTE 1
2	Clearance to earth	$\geq$	
3	Enclosure/compartment volume	$\geq$	Only to be validated, if the fluid (gas or liquid) in the volume is involved in the making and breaking process.
4	Minimum functional pressure of insulating gas	$\geq$	The travel characteristic is within the permissible tolerances.
5	Cross-section of conductors	$\geq$	See NOTE 2
6	Electro-dynamic forces due to the current in the connection paths to the switching device	$\leq$	Only to be validated, if there is an impact of the current path on the making and breaking performance
7	Mechanical strength of insulating supports	$\geq$	Here, the supports of the phase conductors should be considered see NOTE 3
8	Mechanical strength of the enclosure/ partitions / bushings	$\geq$	See NOTE 3
9	Length of unsupported section of conductors	$\leq$	See NOTE 3
NOTE 1 Extensions of type test validity with respect to the centre distance between phases inside the switching device are possibly treated by the relevant component standards.			
NOTE 2 The contacts of a removable part do not affect the making and breaking capacity of the associated switching device and therefore are not considered here.			
NOTE 3 It is assumed that the mechanical strength is already validated by a short time and peak withstand current test. Not applicable for capacitive or any other load switching currents.			

4.6 Internal arc fault tests

4.6.1 General

Switchgear and controlgear for which an internal arc classification (IAC) has been assigned has been subjected to an internal arc test for verification as specified in IEC 62271-200 or in IEC 62271-201. Depending on the purpose of the extension, criteria should be considered with respect to the switchgear and controlgear design or with respect to the ratings and installation conditions or both.

4.6.2 Extension criteria with respect to design

Since internal arc tests are performed on individual compartments, the extension criteria provided in Table 7 should be applied on each high voltage compartment. The complete assessment of a functional unit or assembly is achieved after all the associated high-voltage compartments have been assessed. It is possible to combine different internal arc tests carried out on compartments in different functional units to extend the validity of type tests to the assembly under investigation. Details about design parameters and acceptance criteria for a compartment having arc fault current and duration equal to or smaller than assigned to the type tested compartment are given in Table 7.

Table 7 – Extension criteria for internal arc fault withstand performance

Item	Design parameter	Acceptance criterion	Condition
(1)	(2)	(3)	(4)
1	Clearance between phases	$\leq$	
2	Clearance to earth	Same	This concerns the region where the arc is initiated.
3	Net compartment volume	$\geq$	
4	Rated pressure of insulating gas, if applicable; see NOTE 1	$\leq$	
5	Cross-section of conductors	$\geq$	This concerns the region where the arc is initiated.
6	Raw material of conductors (Al or Cu or their alloys)	Same	This concerns the region where the arc is initiated.
7	location of the point of arc initiation	Same	Applying the rules of IEC 62271-200 or IEC 62271-201
8	Insulating material exposed to the arc	Same	See NOTE 2
9	Exhaust cross sectional area	$\geq$	The position of the exhaust in the compartment and the gas flow path are the same. Larger cross sectional areas are only acceptable, if an exhaust duct is used
10	Exhaust opening pressure	$\leq$	Applicable to fluid tight compartments
11	Mechanical strength of elements to let open the relief device (flap)	$\leq$	Applicable to non-tight compartments. The relief device and its retaining elements have the same design.
12	Mechanical strength of the enclosure and compartment	$\geq$	This also includes the strength of partitions and bushings See NOTE 3
13	Thickness of the enclosure walls	$\geq$	Same material See NOTE 3
14	Mechanical strength of the doors and covers	$\geq$	See NOTE 3
15	Degree of protection (IP-code) of enclosure	$\geq$	Where relevant for indicator ignition criterion
NOTE 1 For SF ₆ insulated switchgear the test is performed with air (see IEC 62271-200:2011, 6.106.3 or IEC 62271-201:2014, 6.105.3) at the same rated filling pressure as for SF ₆ .			
NOTE 2 For details refer to the first paragraph of 6.106.3 of IEC 62271-200:2011 and 6.105.3 of IEC 62271-201:2014			
NOTE 3 An assessment of the strength can require calculations or stress analysis by Finite Element Methods. The assessment considers the location, strength and number of all fixing points (bolts, hinges and latches).			

4.6.3 Extension criteria with respect to ratings and installation conditions

The installation instructions supplied by the manufacturer are the base for the selection of test conditions during the laboratory test as defined by IEC 62271-200:2011 or IEC 62271-201:2014 in Annex AA. These test conditions comprise positioning of the switchgear and controlgear in the simulated room, determination of the ceiling height and location of accessible or non-accessible sides. It may be possible to accept a change of the installation instructions by a closer evaluation of the installation conditions in a previously performed type test. For this purpose, additional rules may be considered to extend the validity of an internal arc test performed on one switchgear assembly under specified installation instructions to a different installation of the same assembly giving the same or less onerous conditions. Details about test ratings, installation conditions and extension criteria

are given in Table 8. Most of the information provided in Table 8 is contained in IEC 62271-200 or IEC 62271-201. The table aims to summarize all the relevant information for easier use.

Table 8 – Extension criteria for internal arc fault classification with respect to installation conditions

Item	IAC test ratings and installation conditions	Extension criterion	Condition (Reference to IEC 62271-200:2011 or IEC 62271-201:2014)
(1)	(2)	(3)	(4)
1	Rated arc fault current	$\leq$	AA.4.1
2	Rated arc fault duration	$\leq$	AA.4.1
3	Rated voltage	$\leq$	AA.4.2; see NOTE 1
4	Frequency	Type tests performed at 50 Hz or 60 Hz may prove both frequencies	AA.4.4 and AA.4.3.2 concerning the peak current
5	Distance between the assembly and ceiling	$\geq$	AA.1 and, if the test was performed with a clearance of at least 200 mm; see NOTE 2
6	Distance between assembly and lateral wall	$\geq$	AA.1, if hot gases are not directed to the walls
7	Distance between assembly and rear wall	Depending on accessibility	Validation criteria are specified in AA.1
8	Indoor/outdoor condition	Type test performed for indoor application covers outdoor application with the same accessibility	AA.1.2
9	Accessibility type (A, B or C)	Type test performed for accessibility B covers accessibility A	
10	Accessible sides (F,L,R)	Classification FLR covers classification F, FR, FL (and theoretically LR, L, R)	Applicable to accessibility type A and B, if distances to all walls are larger than 300 mm and 100 mm, respectively.

NOTE 1 According to IEC 62271-200:2011 or IEC 62271-201:2014, AA.4.2 the test voltage can be any voltage equal to the rated voltage or lower. AA.4.3 specifies the actual test current conditions to be met in order to accept a test performed at a voltage lower than the rated voltage.

NOTE 2 The criterion is not applicable in case of an exhaust duct that carries the hot gases outside the room. In such case the distance between the test specimen and ceiling is not relevant, but only that between exhaust duct and ceiling

5 Extending the validity of type tests

5.1 General

The guidance for the extension of validity of type tests can be applied, but is not limited to the following situations:

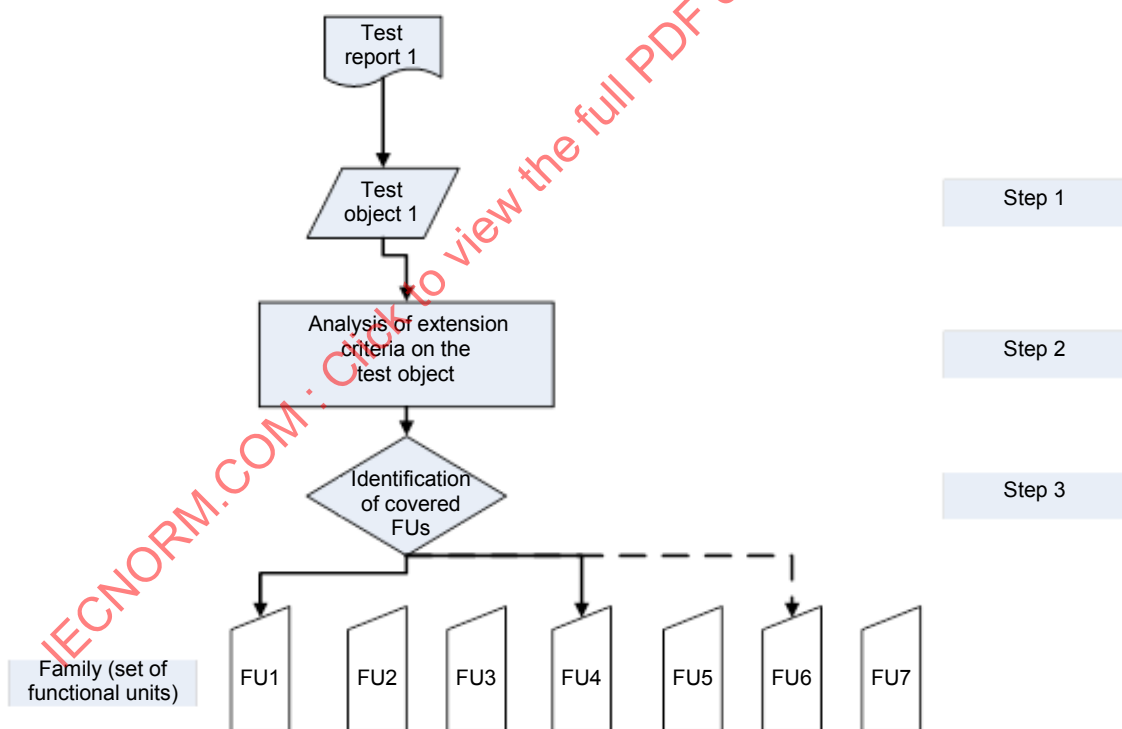
- when the validity of a type test performed on one test object for one characteristic of a functional unit (FU) is extended to other functional units within the family of switchgear and controlgear, (Figure 1);
- when for a family of switchgear and controlgear, test objects are selected for each characteristic, the results of which validate the complete family with a minimum number of test objects and type tests (Figure 2);

- c) when for an untested assembly, an analysis is carried out using available type test reports of the same family of switchgear and controlgear to determine if the test results validate the assembly with respect to the specified characteristics (Figure 3);
- d) when the type test validity of a previously type tested assembly is extended to a design modification.

5.2 Extension of validity of a test report to other functional units (situation a)

Figure 1 shows how one may extend the validity of a given type test report by the following steps:

- step 1: examine the report with respect to the description of the tested object (Functional Unit or combination of several FU's), and collect additional information (e.g. from referenced drawings);
- step 2: compare the relevant design parameters of the tested object with the extension criteria proposed in Clause 4 applicable to the considered type test (e.g. clearance between phases for the power frequency voltage withstand test) by using technical arguments, calculations or simulations;
- step 3: check the various FU's of the family or combination of FU's, to determine which of them share the same design parameters, or have design parameters which could be considered as covered by the tested object (e.g. clearance between phases equal to or greater than those of the tested object). The check should also reveal contradicting design parameters, which may restrict the extension of validity of test results concerning other characteristics.



IEC

Figure 1 – Extension of validity of one test report; situation a)

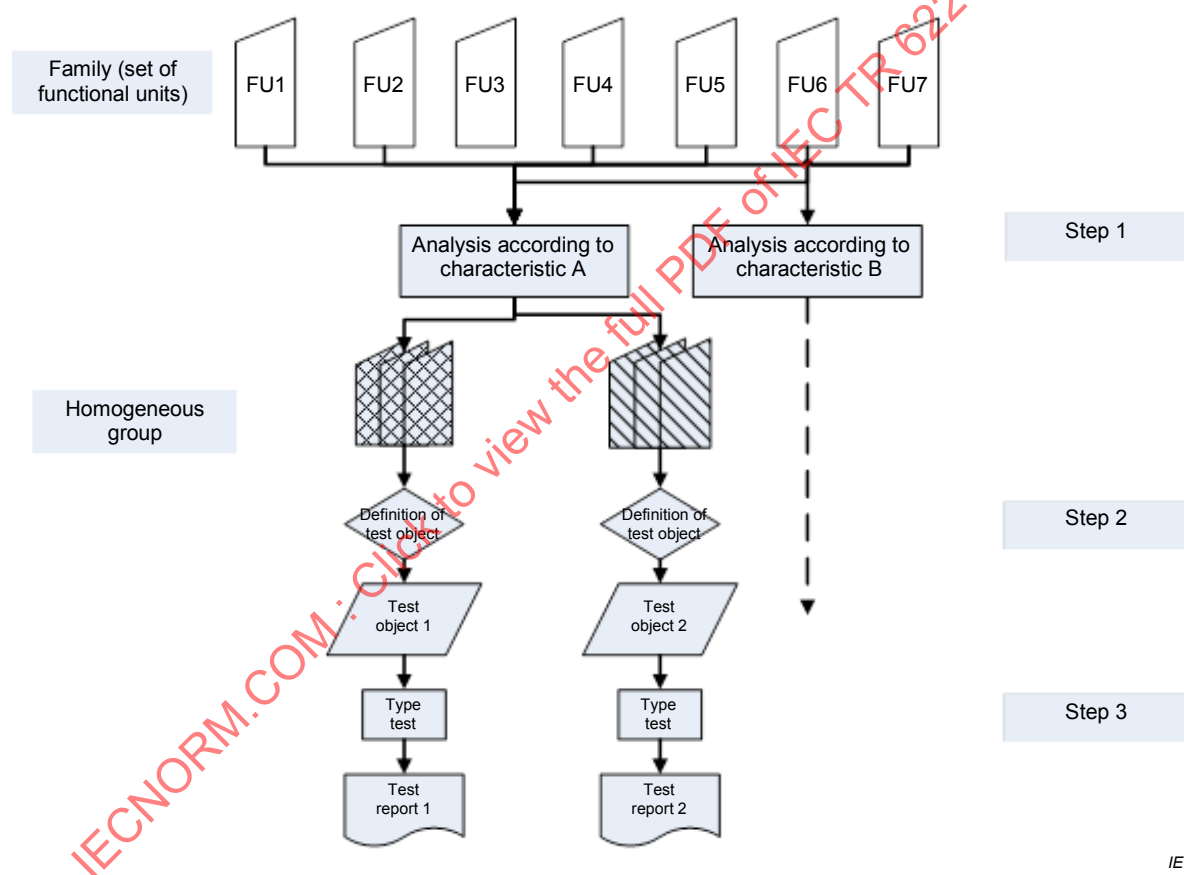
If a FU of the family or a combination of FU's can be checked positively with respect to the proposed criteria, no further tests are required, and the available test report is acceptable for this FU.

5.3 Validation of a family by selection of test objects (situation b)

5.3.1 General

Figure 2 shows how one may select the test objects in such a way that the total number of tests is minimized for validation of the whole family. The steps illustrated should be carried out for each characteristic of the family of switchgear and controlgear.

- step 1: for a given characteristic (e.g. dielectric withstand), analyse the associated design parameters (e.g. clearance between phases) proposed in Tables 2 to 7 and identify which members of the family form a homogeneous group (see definition in 2.109) by using technical arguments, calculations or simulations;
- step 2: within each homogeneous group, select a test object with associated characteristics to cover the whole group (i.e. the test results obtained on this test object will allow extension of validity to the whole group);
- step 3: perform the type tests.



IEC

Figure 2 – Validation of a family by selection of appropriate test objects; situation b)

5.3.2 Mapping of the family

Considering the type test to be performed and the associated acceptance criteria of design parameters proposed in the relevant clauses, step 1 in situation b) should be prepared by a mapping of the family of switchgear and controlgear. This analysis comprises:

- identifying the variation of design parameters within the family of switchgear and controlgear for each characteristic;
- identifying homogeneous groups fulfilling the acceptance criteria of design parameters for one or more type tests.

Such mapping differs with the type test under consideration, because the relevant set of parameters and criteria for possible extension of validity of the results are different so that the analysis should be prepared for each kind of test.

As a family of switchgear and controlgear has many dimensions with respect to the design parameters listed for the considered type tests, the representation of the result of the analysis is complex. Several tables as given in this Technical Report can be established, or spreadsheets with columns for different type tests can be created. It is recommended that explanations are included for traceability reasons and future use.

5.3.3 Specification of test objects

On the basis of the mapping, test object(s) can be chosen in such a way that the validity of the results of a type test can be extended to other functional units of the family. Most often, it will not be possible to specify only one test object (one functional unit in the family) which combines all the most severe conditions in order to validate the whole family. Usually, more than one test object will be necessary.

Some hints can be provided:

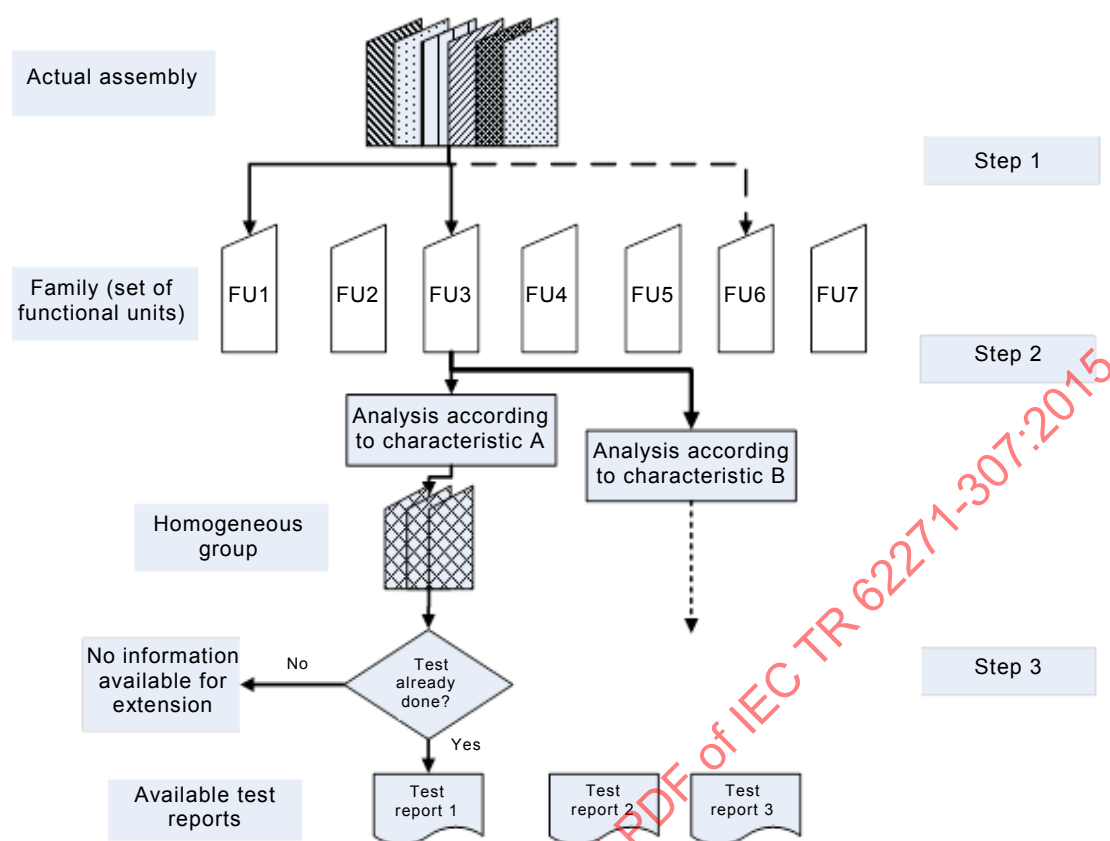
- homogeneous groups with shared technical characteristics are often covered by the lowest or the highest value of design parameters or the highest value of a rating;
- extension of validity is easier to establish when considering numerical data i.e. design parameters (ratings, cross sections, clearances...);
- identification of homogeneous groups may require analysis by skilled engineers;
- all extension criteria listed in the tables for the considered type tests should be reviewed.

5.4 Validation of an assembly by existing test reports (situation c)

Figure 3 shows how one may check the validity of type test reports for a given assembly, based on a family of switchgear and controlgear:

- step 1: identify the different Functional Units (FU) used in the assembly;
- step 2: for each FU and each characteristic, identify the homogeneous group to which it belongs (those FU's of the same family from which validity of test results could be extended) using the design parameters provided in Tables 2 to 7 and technical arguments, calculations or simulations;
- step 3: check the available test reports and incorporate the test report, if appropriate, in the supporting documentation of the evaluation.

If an appropriate test report is not available, the extension of validity is not possible.



IEC

Figure 3 – Validation of actual assembly with existing test reports; situation c)

5.5 Validation of a design modification (situation d)

Situation d) may be evaluated in the same way as described for situation c) starting with the modified functional unit e.g. FU3 in Figure 3 at step 2.

Annex A (informative)

Rationale for the extension criteria

A.1 General

The definition of an acceptance criterion for each of the design parameters listed in Tables 2 to 7 rests on proven technical and physical principles and manufacturer and user experience. The evaluation of the criteria should be performed out of a generalized view assuming that the manufacturer has designed the switchgear and controlgear according to the same technical and physical principles on which the criteria are based. In case of doubts concerning acceptance criteria further evidence is needed to support extension of validity, like for example calculations. In the following, those technical and physical principles, which result in the selection of extension criteria i.e. design parameters and corresponding acceptance criteria in Tables 2 to 7, are provided.

A.2 Dielectric tests

A.2.1 General

Design parameters such as clearance between phases and clearance to earth and the corresponding acceptance criteria should be taken into consideration when evaluating the extension of validity of dielectric withstand tests. The principles behind each of the extension criteria (items) listed in Table 2 are given below.

A.2.2 Clearances (Items 1 and 2)

Phase to phase and phase to earth clearances are directly related to the dielectric withstand. Larger clearances increase the dielectric withstand capability compared to the type tested switchgear and controlgear provided that all other design parameters listed in Table 2 are unchanged or enhanced with respect to dielectric properties.

Phase to phase and phase to earth clearances could be smaller for switchgear and controlgear having a higher number of parallel conductors per phase to cope with higher rated current. Even if the conductors are arranged in the same manner (i.e. vertical, horizontal or trefoil alignment) dielectric withstand could be reduced compared to the type tested switchgear and controlgear. For a smaller number of parallel conductors, the opposite might be true and can be used for extension of validity of dielectric type tests. If the arrangement of conductors differs significantly, even with equal or larger clearances, the dielectric withstand compared to the type tested switchgear and controlgear cannot be demonstrated without further technical analysis.

The installation of additional earthing facilities or test points may reduce the clearance to earth, hence reducing the dielectric withstand compared to the type tested switchgear and controlgear.

A.2.3 Insulating supports and material (Items 3 and 4)

An increased creepage distance for insulating supports with the same dielectric properties of the material increases the dielectric withstand compared to the type tested switchgear and controlgear. However, the dielectric withstand capability might be influenced by the field distribution along the insulating surface. Therefore, the distribution should not be changed considerably e.g. by parts on floating potential or the introduction of additional components such as a voltage divider.

The insulating material should have equal or improved electrical properties compared to the type tested switchgear and controlgear. If these properties cannot be determined from available specifications, a test of properties might be necessary as written in the condition to item 4.

The impact of insulating barriers and additional insulation on the withstand voltage is difficult to assess. Changes in the design of such insulating parts will normally invalidate the dielectric type test, unless it can be shown that the design change is insignificant.

A.2.4 Live parts (Items 5 and 6)

Live parts with a lower surface roughness entail a more uniform electric field distribution, avoid higher local electric field strength, and hence increase the dielectric withstand.

Conductors with a larger radius, including bends and corners in the path, result in lower local electrical field strength, hence also increase the dielectric withstand. This extension criterion is also applicable to other conductive parts at high potential and even to earthed parts. The influence of earthed parts needs to be evaluated when they are opposite to live parts and may influence the dielectric withstand.

A.2.5 Open contact gap and isolating distance (Items 7 and 8)

If the open contact gap of a switching device or the isolating distance is determined by the assembly design, then a larger gap will increase the dielectric withstand compared to the type tested switchgear and controlgear. This applies for example to an earthing switch or switch-disconnector with separate supports for fixed and moving contacts.

If the contact gap is incorporated in a switching component, the influence from the assembly on the dielectric withstand might be minor, however, it should also be considered. The influence might come from the proximity of the earthed enclosure or partition, for example.

A.2.6 Minimum functional pressure for insulation (Item 9)

The pressure or the corresponding density of a gas used for insulation has direct influence on the dielectric withstand, which is tested at minimum functional pressure for insulation defined by the manufacturer. A higher pressure or density increases the dielectric withstand performance compared with the type tested switchgear and controlgear. Since different gases have different dielectric properties, this extension criterion can only be applied to the same gas.

A.3 Temperature rise tests

A.3.1 General

The normal current rating of switchgear and controlgear is dependent upon the parts that experience the highest temperature rise during current flow through the main circuits. These parts may comprise contacts of switching devices, bolted connections (or equivalent) of conductors, terminals, and accessible parts of the switchgear and controlgear such as enclosures.

The temperature rise of these parts can be influenced by many design parameters such as centre distance between conductors, material type of conductors, contact pressure, enclosure size and volume, area of ventilation openings and power dissipation of components and/or devices.

The general principles behind the extension criteria (items) influencing temperature rise of the switchgear and controlgear and the corresponding acceptance criteria listed in Table 3 are given in more detail below.

A.3.2 Centre distance between phase conductors (Item 1)

In a three phase circuit the alternating magnetic field generated by current in a conductor will induce eddy currents in the same and adjacent conductors which will alter the overall current distribution in all conductors. For example, the current density is higher in an area of the conductor furthest away from the adjacent conductor when current flow is in the same direction. This is known as the proximity effect and it can increase the power loss and produces higher temperatures within the switchgear and controlgear. The centre distance between phase conductors measured from the geometric centres of the conductors is therefore important when validating the temperature rise criteria. These distances may be impacted by the arrangement of conductors within the compartment.

Switchgear and controlgear having conductors arranged in the same manner, i.e. vertical, horizontal or trefoil alignments, with the same number of conductors per phase and larger centre distances between phases can be considered to produce lower power losses and hence contribute to lower temperature rise of the switchgear and controlgear. If the arrangement of conductors differs significantly from the already tested assembly, then larger centre distances cannot ensure lower power losses and temperature rise. In such cases further technical analysis may be required.

It is noted that 6.5.2 of IEC 62271-1:2007 permits to test up to 1 250 A with a single phase source with all poles connected in series, which indicates that the mutual influence of the other poles is not significant in this case.

A.3.3 Phase to earth distance (Item 2)

Eddy currents can be induced in metallic, non-current carrying parts of the switchgear and controlgear. Because of the lower conductivity of steel and small thickness of walls, this effect is normally negligible for enclosures. However, alternating magnetic fields create heat losses in ferromagnetic steel enclosures perpendicular to the current path due to the reversal of magnetic domains in the material. This may lead to additional heating power losses which cause higher temperature rise. The relevant phase to earth distance is not a clearance, nor a centre distance, but a distance determined by the effects described above.

If these current heating effects cannot be excluded, the phase to earth distance has to be evaluated. Switchgear and controlgear with greater than or equal phase to earth distance then can be considered to produce equal or lower heat losses. If the arrangement of conductors in proximity to the earthed parts of the switchgear and controlgear differs significantly then again lower temperature rise cannot be ensured.

A.3.4 Enclosure and compartment volume (Item 3)

The temperature rise within a switchgear compartment is directly influenced by the ability of the enclosure to dissipate heat via conduction and/or convection and radiation to the ambient environment. This effect is dependent upon the surface area of the switchgear and controlgear enclosure (and hence volume) and the type of material used. For the same power loss, switchgear and controlgear with larger surface area of the enclosure walls will dissipate more heat and hence have lower temperature rise of the internal parts. Similarly, material having lower thermal resistance will dissipate more heat. The use of non-ferromagnetic steel for the enclosure can avoid heat generation by eliminating the magnetizing current effect.

The convection behaviour of gas within the switchgear compartment can, in principle, be affected by the volume and the surface area of the compartment. This effect is difficult to assess and may in some cases impact the heat dissipation. Further reference can be made to IEC TR 60890 [1] to gain understanding of the effects of enclosure/compartment dimensions on temperature rise.

A.3.5 Insulating gas (Item 4)

The pressure or the corresponding density of insulating gas in a high voltage compartment has direct influence on the ability to dissipate heat away from current carrying conductors to the enclosure and further to the ambient environment. An increase in the minimum functional pressure or density increases the heat transfer capability of the gas resulting in a reduction of temperature rise of the internal parts of the switchgear and controlgear. Since different gases have different thermal properties, this extension criterion can only be applied to the same gas.

A.3.6 Conductors (Items 5 and 6)

Current flow through the conductors of the main circuit produces a power loss (I^2R) which is dependent on the current magnitude, I , and conductor resistance, R . The I^2R power loss from the main circuit contributes the most significant portion of total power loss within the switchgear and controlgear. An increase in cross sectional area of a conductor, while maintaining a constant current magnitude, will lower the current density and therefore the power loss of the conductor assuming the same type of conductor material. This effect decreases the temperature rise of internal parts.

For a given arrangement of conductors within the switchgear and controlgear, heat removal from hot spots will be improved and the temperature of these hot spots lowered for a conductor system with lower electrical and thermal resistance per unit length of conductor.

A.3.7 Conductor joints and connections (Items 7, 8 and 9)

Joints and connections contribute to power loss and hence to temperature rise due to the I^2R losses resulting from current flow through the joint or connection resistance. The resistance at joints and connections, also called contact resistance, depends upon the raw material and type of metallic coating, contact pressure (or force) and contact surface area. Assuming the same type of contact material (either conductor material for uncoated surfaces or coating material for coated surfaces), an increase in contact pressure and/or contact surface area will lower the resistance across the joint or connection resulting in lower power losses and a reduction in temperature rise at that location.

Although the resistivity of the coating material has limited influence on the overall resistance due to its small thickness, the permissible maximum temperature of the coating as defined in IEC 62271-1 has an impact. An extension can only be made from the material with lower permissible maximum temperature to that with a higher assigned value for permissible maximum temperature.

Further reference can be made to IEC TR 60943 [8] to gain understanding of the impact that contact resistances can have on temperature rise and to find information about contact resistances for connections and joints using equal or different materials and metallic coatings. Copper is deemed a "better" contact material than aluminium when oxygen is present, for example, due to the low conductivity of the aluminium oxide which will be formed if not other measures are taken.

A.3.8 Ventilation area of partitions and enclosure (Item 10)

To enable effective dissipation of heat by air convection, some switchgear and controlgear designs include ventilation openings in compartments and/or the enclosure. For switchgear and controlgear having larger ventilation openings, both for incoming and outgoing air flow, the net heat dissipation will be greater and hence the temperature rise of internal parts reduced.

The position of ventilation openings is also important. Significant changes to the location of such openings within a compartment or enclosure may impede the flow of air through the switchgear and controlgear and could reduce the net dissipation of heat.

The modification of the degree of protection (IP-code) of a mesh or grid covering ventilation openings may also have an impact on the heat dissipation. A higher degree of protection could result in a reduction of the effective area of the ventilation opening reducing the air flow through the switchgear and controlgear.

Further reference can be made to IEC TR 60890 [1] to gain understanding of the effects of ventilation on temperature rise.

A.3.9 Power dissipation of components (Item 11)

The incorporation of components such as switching devices, fuses and current transformers may contribute significantly to the temperature rise within the switchgear and controlgear. Such components have a finite resistance and will be subject to I^2R power losses caused by the current flow through them. Switchgear components having lower I^2R power losses will produce lower overall temperature rise in particular at the critical parts of these components.

The power loss of primary and secondary windings of current transformers depends on the primary and secondary currents. Therefore, both should be considered. The data sheet of current transformers may provide the resistance of the secondary winding at an elevated temperature.

A.3.10 Insulating barriers (Item 12)

The addition of insulating barriers between phase conductors or between conductors and enclosure walls will probably increase the dielectric withstand of the switchgear and controlgear, however, they can also impede air flow within the switchgear and controlgear and reduce heat transfer to the enclosure. This might have a negative impact on the heat dissipation and thus increase the temperature within the switchgear and controlgear. Therefore, the addition of such barriers will normally require repeating the temperature rise type test.

The surface area of insulating barriers is important in that an increase in the surface area will tend to restrict air flow whereas a reduction in surface area would produce the opposite effect. The effect is less important for vertical barriers, but may have a large impact for horizontal barriers.

A.3.11 Insulating coating of conductors and enclosures (Item 13 and 14)

The use of solid insulation on conductors and/or enclosures will restrict the ability to dissipate heat into the surrounding medium due to its thermal resistance. On the other hand, it might help removing heat by radiation depending on the heat transfer capability of the insulating material and emission coefficient of the external surface.

Paint or special coatings on the conductors and the enclosure can lower the temperature rise by improving the heat transfer to the surrounding enclosure by thermal radiation. Thermal resistivity and emission coefficient of the coating should be the same. The colour of the paint has no significant effect on the thermal radiation, since the emission coefficient is mainly determined by the polymeric properties of the paint. Conversely, some coatings or coverings that may be intended to improve the dielectric withstand performance may reduce the heat transfer.

For a specified material, a reduction in the thickness of such material will normally improve the heat transfer capability and contribute to a reduction in temperature rise of the internal parts in the switchgear and controlgear such as the conductor connections. It should be noted, however, that such a reduction in solid insulation material thickness will also result in a reduction in the dielectric withstand of the coating.

A.3.12 Insulating material in contact with conductors (Item 15)

When changing the insulation material of support insulators, for example, the temperature class of the material should achieve the same or larger value in order not to risk a degradation of the material at rated normal current conditions.

A.4 Mechanical tests**A.4.1 General**

For mechanical tests the extension criteria focus on the comparison of mechanical parts with respect to strength, structure and resulting or applied forces. Particular attention should be given to the safety aspects, especially with respect to the interlocking systems.

Interlocks between different components of the equipment may be required for safety reasons concerning the access to operation interfaces and the insertion or withdrawal of removable parts.

Mechanical parts to be compared are:

- shutter systems,
- contacts of removable parts,
- interlocks and kinematic chains.

According to 6.102.2 of IEC 62271-200:2011 or IEC 62271-201:2014 interlocks are considered to be satisfactory, if:

- the switching devices cannot be operated,
- access to the interlocked compartments is prevented,
- the insertion and withdrawal of the removable parts are prevented,
- the switching devices, removable parts and the interlocks are still operative and the effort to operate them before and after the tests, does not differ from the maximum hand operating forces (manual operation) or peak energy consumption (motor operation) by more than 50 %.

Besides the checking of the correct functioning of interlocks in a type test, the standard requires the proof of functionality and usability even after an endurance test.

The general principles behind each of the extension criteria (items) included in Table 4 are given in more detail below.

A.4.2 Shutter systems (Item 1)

Two different shutter systems having the same technical principles of e.g. shutter actuation or interaction with the switching device can be compared considering the whole mass of the shutters and the strength of the mechanical linkage.

- 1) With focus on the mechanical linkage, extension is possible from a weaker system to a stronger one. The strength of a design can be determined by consideration of the materials used, dimension of parts, strength of interconnecting shafts etc. One example is the length and thickness of a shaft in the mechanical linkage. Due to the complexity of shutter systems, an extension of validity can only be made to shutter systems using the same principle design.
- 2) In general lower mass is easier to move and exerts lower stress on the mechanical components. Lower masses can be achieved by smaller dimensions of moving parts not involved in the mechanical linkage and, for example, change of the material.

A.4.3 Contacts of removable parts (Item 2)

Concerning the contacts of removable parts in switchgear and controlgear, the focus is on the mechanical behaviour during connecting and disconnecting operations. The comparison comprises the number of contact points, the contact forces acting between movable and fixed contacts, and the contact surface roughness. Possible wear of contact coatings should be considered, too, since the standard requires a continuous layer even after mechanical endurance.

All the following points should be evaluated under the condition that the design of the contact system is identical or directly comparable with respect, for example, to the shape of contact fingers and the kind and hardness of the material.

- 1) Each contact causes friction during insertion: a higher number of contacts with identical force per contact leads to an increase of operating force of the movable device. Therefore, the number of contact points should be less or equal to the tested system for an extension of validity. Care should be applied, if the contact force changes with the number of contacts due to, for example, a common spring system. In this case further evidence for extension should be given.
- 2) Friction during insertion of the removable part decreases with lower contact force per contact point. Besides this effect, a lower contact force also leads to less wear of the contact area and therefore allows extending the validity. It is noted that lower contact forces might impede the extension of validity with respect to the short-time and peak withstand current performance.
- 3) The friction between moveable and fixed contacts also depends on the roughness of the participating surfaces: higher roughness causes higher force for the operation of the removable part and additionally increases contact wear.

A.4.4 Interlocking systems (Items 3 and 4)

Interlocking systems are linked to operator safety. The comparison requires an evaluation of functionality and strength of the mechanical linkage. Two types of interlocking systems are considered:

- an interlocking system directly operated on the kinematic chain of the switching device, which has to react to the manual operating force or any power driven force. In this case, it is necessary to test the locked interlocking system to the limits prescribed by the standard during pushing and/or turning the access point or shaft for manual operation, or during actuation of non-electrically interlocked power operating devices;
- an interlocking system preventing access to the operating chain of the switching device, which are normally designed for being actuated by small forces exerted by the fingers of a hand. These access systems avoid the application of forces that could damage the components of the device.

An extension of validity of interlocking systems can only be attempted when the compared systems are based on the same technical principle. The strength of the locked mechanical linkage, i.e. in the condition, where the interlock condition is violated, should be identical or better. This might be assessed under the same conditions as described under item 1.

Extension may also be allowed, if the applied torque or force is limited to a smaller value e.g. by a strain-limiting device or a different handle and by a smaller operating force of the access preventing device.

A.5 Short-time and peak withstand current tests

A.5.1 General

Short-circuit currents generate electro-magnetic forces between the phase conductors, which depend on the course of the current carrying path including bends and corners. These mutual

forces can be calculated for simple conductor geometries by analytical equations, for complex geometries, however, finite-element simulation tools are needed. The smaller the centre distance between conductors, the higher are the mutual forces. The ability of the switchgear and controlgear design to cope with these forces is determined by the strength of all supports considering steady state and transient components of the current. In addition, all movable contacts and fixed connections are important. All these influences should be considered in the evaluation of design parameters.

Additionally, a calculation of the thermal stress using the equation $I_k^2 t_k$ might be done when the assessment is made for a lower I_k and higher t_k than the ones tested respecting the principles provided in 6.6.2 of IEC 62271-1:2007.

Table 5 can be applied not only to the main circuit, but also to the earthing circuit. In this case, mainly items 5 and 6 need to be considered. Since the earthing circuit is normally designed to withstand only a single short-circuit fault with maintenance afterwards, the requirements on the other items are reduced.

The general principles behind each of the extension criteria (items) included in Table 5 are given in more detail below.

A.5.2 Centre distance between phase conductors (Item 1)

If the centre distance between phases is larger than in the type-tested switchgear and controlgear, the mutual forces between phases are smaller. Therefore, the design under evaluation should withstand the same short-circuit current applied in the type test assuming that all connections and contacts in the current path have the same design (see condition to item 5) and the path of the conductors do not produce higher electro-magnetic forces than in the type tested design (see item 2).

A.5.3 Conductors (Items 2, 5 and 6)

The electro-magnetic forces due to bends and corners in the conductor path can exceed the mutual forces between phases. An extension of validity should be possible, when all bending angles of the conductors have the same or larger values than in the original geometry. If the current path differs too much from the type tested design, an extension might be achieved by a complete modelling of the three-dimensional conductor arrangement and subsequent calculation of the electro-magnetic forces by appropriate programs.

The mutual electro-magnetic forces between two conductors are determined by their centre distances, not by the cross-section of the conductors. However, because of the heating effect of the current and possible current density effects, it should be ensured that the cross-section of the conductors is the same or larger than in the original switchgear and controlgear. The similarity of the connections, for example between bus-bars, should be evaluated with regard to local heating effects.

The material of the conductors first determine the heat loss in relation to the material resistivity, second the mechanical stability of the conductors and third the current carrying capability of connections. Because these connections may involve a complicated behaviour, a deviation from the original material cannot be permitted without type test.

In case of earthing circuits, the earth fault current may not only be conducted via conductors made specifically for this purpose, but also via the metallic enclosure. It is difficult to compare assemblies which mainly rely on this effect. Conductors include connections in the earthing circuit up to the earthing terminal.

A.5.4 Insulating conductor supports (Items 3 and 4)

During short-circuit current the mechanical reaction of all insulating parts supporting the conductors may result in damage of the supports, which would make a type test invalid.

Therefore, it is assumed that the supports are designed according to the same principles and have the same or better strength than the type tested design. For complicated support structures, this might not be evident, in which case a mechanical stress calculation might be required.

For conductors supported by a row of insulators, the strength of the design is not only determined by the strength of the supports, but also by the arrangement of the supports. As minimum requirement, the distance between two supports should be the same or smaller to ensure the same mechanical strength. This criterion should be evaluated for all supports of all conductors.

A.5.5 Insulating material in contact with conductors (Item 7)

The short-circuit current will heat up the conductors during the short-time current. All supports or components in contact with the conductors will experience the same temperature as the conductors, where they are in contact with them. Different materials from that used in the type tested assembly may be used if they have the same or higher temperature class and provide the same or better mechanical strength (see item 3).

A.5.6 Enclosure, partitions or bushings (Item 8)

The mechanical withstand of the supports of any conductor is also determined by the strength of its mounting base. Therefore the enclosure may have an influence on the short-circuit current withstand capability. The wall thickness of the enclosure, for example, should be the same or larger, and similar stiffening elements of the enclosure are used. This item also considers the strength of partitions and bushings, which is difficult to assess simply by geometry. If different partitions and bushings are used, they should be verified in an arrangement of components simulating the new switchgear and controlgear design or type-tested within other functional units.

A.5.7 Contacts of removable part (Item 9)

Any modifications in the design of movable contacts in the current path may impair the short-circuit current withstand capability. Since it is difficult to assess the impact of even small modifications, different contact geometries should be type-tested in the new switchgear and controlgear or verified in a similar arrangement of the contacts.

A.6 Making and breaking tests

A.6.1 General

The making and breaking performance of the components is type tested according to the relevant standards. The scope of this document is limited to the impact of assembly parameters on making and breaking tests.

The making and breaking performance of a device in a switchgear assembly may depend on electro-magnetic forces in the vicinity of the making and breaking contacts, on the dielectric properties influenced by nearby potentials and the outflow of hot gases produced during making and breaking. In the following, these effects are checked for each design parameter given in Table 6. The mechanical chain of the operating mechanism might also have an impact on the performance of the switching device e.g. an earthing switch. Such an influence should be considered under the relevant component standard.

The general principles behind each of the extension criteria (items) included in Table 6 are given in more detail below.

A.6.2 Clearance between phases and to earth (Items 1 and 2)

If the clearance between phase conductors is larger than in the type-tested switchgear and controlgear, the dielectric withstand level is larger in the new design and hot gases expelled from interrupting parts, e.g. nozzles, have a smaller chance to bridge phases and ignite a short-circuit.

Electro-magnetic forces acting between conductors might influence the interruption performance and would be reduced with an increased centre distance between phases. If the centre distance is changed, the switching device should be verified according to its own component standard with respect to making and breaking performance.

The distance between phases might have an impact on the making and breaking performance, if the strength of the kinematic chain between operation point and farthest pole is reduced by a larger phase distance increasing the length of the operation shaft.

If the clearance between conductors and earth is larger, then the dielectric withstand is increased. As a result, the possible impact of vented arc products or gases on the making and breaking performance is reduced.

A.6.3 Enclosure and compartment volume (Item 3)

If the air, gas or liquid contained inside the compartment or the enclosure of the assembly is involved in the making and breaking process, venting of arc products and gases might have a negative impact on the performance of the switching device. For larger volumes, it can be assumed that this impact is less severe.

A.6.4 Insulating gas (Item 4)

For higher pressure or density of the insulating gas the making and breaking performance is improved inside the pressure limits for correct mechanical operation of the switching device.

However, there might be an impact of the gas density on the travel characteristics of a switching device. For vacuum interrupters inside gas-insulated switchgear, for example, the pressure of the insulating gas can influence the opening and closing speed of the driving mechanism through the differential pressure on the bellows. This is relevant for the making and breaking capacity as well as for the endurance of the switching device. If the opening and closing speed of the drive mechanism is within the tolerances prescribed by the manufacturer, the impact of the gas pressure might be neglected.

A.6.5 Conductors (Items 5 and 6)

The heating effect of the current flowing in the connecting conductors normally has no impact on the making and breaking process. However, if such an impact cannot be excluded, it should be ensured that the cross-section of the conductors is equal or larger than in the type tested switchgear and controlgear.

The electro-dynamic forces due to the current flowing in the connection paths of the switching device may impair the breaking and making performance. For example, during the breaking operation some switching devices use a local magnetic field to manage the arc behaviour. Under this condition the impact of a new arrangement of the current path should be considered, possibly simulated by calculation or verified in a similar arrangement of a different functional unit.

A.6.6 Insulating supports (Items 7, 8 and 9)

If the making and breaking performance is influenced by the mechanical stability of moving or fixed contacts, the mechanical stability of the supports of these contacts may have an impact on the performance of the device. A typical example is an earthing switch in an air insulated high voltage compartment. Though the mechanical strength of such insulating supports should

already be validated by a short time and peak withstand current test, there could be an impact during the making and breaking operation.

A.7 Internal arc fault tests

A.7.1 General

Internal arc classification (IAC) is demonstrated for metal-enclosed or solid insulation enclosed switchgear and controlgear by the relevant type test by meeting the acceptance criteria specified by IEC 62271-200:2011 in 6.106.5 or IEC 62271-201:2014 in 6.105.5. These criteria consider several issues such as opening of doors and covers, enclosure fragmentation and burn through, ignition of indicators simulating person clothes, and the integrity of earthing connections. The fulfilment of all these acceptance criteria intends to ensure protection of persons in the event of an internal arc. It has to be remarked that these acceptance criteria should not be mixed up with the acceptance criteria used in Table 7.

Pressure rise, hot gas and heating of material are effects of the internal arc and exert mechanical and thermal stress on the compartment. The severity of impact is related to the amount of energy generated by the arc, the volume in which the arc energy is deposited, and the efficiency of pressure relief devices for venting hot gases. On the other hand, a stronger structure of the compartment and its doors and covers can improve the capability to withstand this stress. Finally the amount and direction of vented hot gases determine the probability of indicator ignition in combination with the installation conditions.

Based on the above considerations the extension criteria given in Table 7 have been determined. Their evaluation should result in a more favourable condition to meet the acceptance criteria of IEC 62271-200 or IEC 62271-201. The rationale behind all extension criteria (items) listed in Table 7, which is applicable to design modifications of a single high-voltage compartment within a family of switchgear and controlgear, is provided below.

A.7.2 Clearance between phases and to earth (Items 1 and 2)

The energy generated by the internal arc increases with the arc voltage, which in turn is proportional to the length of the arc. When the arc burns between the phases, a smaller clearance between the conductors leads to a shorter arc and therefore to less arc energy and to a reduced severity of the test.

The same rationale can be applied to the clearance between conductors and earth. However, when the arc burns against the enclosure walls, which is most often the case, the region where the arc is initiated and stays during the whole arc duration should be considered. In principle, smaller clearances cannot be permitted, since the probability to burn through the compartment walls is higher for a smaller clearance. This effect might be disregarded, when the burn through in this region has no impact on the acceptance criteria no. 3 and 4 of IEC 62271-200:2011 or IEC 62271-201:2014. An example could be the melting through a non-accessible enclosure side.

A.7.3 Compartment volume (Item 3)

The larger the net volume of the high voltage compartment, the lower is the specific arc energy per volume, and the lower is the thermal and mechanical stress on the compartment. The rate of pressure rise is reduced, which in turn reduces the overshoot of pressure after a pressure relief device opens. However, the mechanical withstand of the compartment including doors and covers should also be considered (see items 12 and 14). In particular cases, the performance of a test on the smallest and on the largest compartment could cover all intermediate size compartments.

A.7.4 Pressure of insulating gas (Item 4)

With smaller initial pressure or density which is determined by the rated filling pressure, the gas quantity in the compartment is smaller and results in a smaller overshoot of pressure after opening of the relief device though the rate of pressure rise is identical [6]. Therefore the stress on the compartment is less severe. Though the obtained gas temperature will be higher in this case, the release of thermal energy through the pressure relief device is the same. The thermal energy is determined by the product of density and temperature, which also determine the pressure. Therefore an impact outside the compartment is not expected.

A.7.5 Material in the region of arc initiation (Items 5, 6, 7 and 8)

In general the type tests are carried out with the arc initiated in a location and in a manner as prescribed by IEC 62271-200:2011 or IEC 62271-201:2014 in AA.5.2. The behaviour of the internal arc is affected by the arc initiation conditions in an almost unpredictable way. Therefore it is not possible to extend the results of a type test carried out on a particular compartment when the arrangement of components would require a different position of the arc initiation. With “region”, the space and metal or insulating parts around the arc initiation point is meant, which determines the arc voltage and composition of the arc plasma.

The roots of the internal arc melt the surface of conductors and consume material until in the worst case the complete conductor is melted away. This effect is less probable, when the cross-section of the conductor is larger. Also, the material of conductors is decisive from this point of view. It is known that air as well as SF₆ behaves different when burning on different materials because of the release of exothermic energy from the reaction of the gas with the material. Thus, the materials of conductors should be the same as in the type tested switchgear and controlgear.

The kind of material might also have an impact on the composition of the exhausted hot gases i.e. the probability of indicator ignition. The external material of insulating parts exposed to the arc may be either vaporized or burnt during the arcing test. The effect of the resulting gases on the pressure rise and exhaust of hot gases is difficult to predict. Therefore extension of validity can only be considered for the same material. This also takes care of the fact that the material might have an impact on the mechanical strength of the insulating supports at the point of arc initiation.

A.7.6 Pressure relief opening devices (Items 9, 10 and 11)

A lower pressure relief (exhaust) opening pressure and a larger area of the opening make the venting of the hot gases out of the compartment more efficient, decrease the overshoot of pressure and hence reduce the mechanical stress on the switchgear and controlgear enclosure, door and covers. Therefore the probability to pass the acceptance criteria no. 1, 2 and 3 from IEC 62271-200:2011 or IEC 62271-201:2014 is higher. However larger opening areas might change the outflow of hot gases considerably and might have an impact on the ignition of indicators placed around the switchgear and controlgear (acceptance criterion no. 4). Thus the applicability of item 9 of Table 7 should be limited to switchgear and controlgear fitted with a gas exhaust duct, where indicators do not play a role for the hot gas flowing into the duct.

In gas insulated switchgear circular gas-tight burst discs are often used, the opening pressure of which can be tested statically with good reliability and therefore the acceptance criterion of item 10 can be applied. In air insulated switchgear, flaps are commonly used, where the opening pressure is determined by the strength of all elements intended to let open the relief flap e.g. screws, when an overpressure is created by the arc fault. In this case, item 11 can be evaluated, for example, from the material and dimension of such screws. Of course, the elements retaining the flap from flying off have to have the same or higher strength.

A.7.7 Enclosure and compartments (Items 12, 13, 14 and 15)

Improved strength of the compartments, enclosure doors and covers leads to a higher probability to meet the acceptance criteria according to IEC 62271-200:2011 or IEC-62271-201:2014. The evaluation of mechanical strength can be performed by evidence for simple geometries or by numerical calculations for complex geometries. Note 2 in Table 7 puts attention to the distance between all fixing points (bolts, hinges and latches). The material thickness of the enclosure walls influences the strength of the compartment, but also may affect burn through. For thicker walls, the probability of burn through will be reduced compared to thinner walls. It might have to be considered that if the stiffness of the enclosure is greatly increased then care should be taken in ensuring that the enclosure as a whole reacts in a similar way as in the test object.

The degree of protection (IP-code) of the enclosure is a measure of possible small openings in the enclosure. Hot gases might escape through holes and gaps and might ignite indicators placed outside the switchgear and controlgear. From that perspective, the enclosure should be “tighter” i.e. should possess a smaller total area of holes, gaps, and openings, which might be coherent with an equal or higher IP-code. It is assumed that the peak pressure in the compartment is always determined by the area of the relief device. If any holes in the enclosure in accordance with the IP-code have an impact, the two compartments cannot be compared for extension of validity.

It is obvious that a higher IP-code needs to be considered in the exhaust cross-sectional area i.e. item 9.

A.8 Rationale for extension criteria with respect to arc fault ratings and installation conditions

A.8.1 General

Below, some explanations are provided for each of the extension criteria (items) listed in Table 8, which is applicable to the installation conditions of a switchgear and controlgear assembly.

A.8.2 Rated arc fault current and duration (items 1 and 2)

The lower the value of the test current and/or arc duration, the lower is the energy generated by the internal arc. Lower energy reduces the thermal stress and decreases the pressure rise and the overshoot of pressure in the compartment and hence reduces the mechanical stress on the compartment.

A.8.3 Rated voltage (item 3)

The rated voltage is generally not a basic test parameter for the internal arc test, though the rated voltage of the switchgear and controlgear implicates the minimum clearances between phases and to earth, which in turn determine arc length, arc voltage and the amount of fault arc energy. However, for the given compartment geometry and provided that the making current peak is not suppressed below 90 % of the prospective value, the arc energy does not depend on the rated voltage. This condition is ensured by the requirements for the actual test current specified by IEC 62271-200:2011 or IEC 62271-201:2014 in AA.4.2 (see also note 1 of Table 8).

In principle, extension to higher rated voltage could be possible following this rationale. However, AA.4.2 of IEC 62271-200:2011 and IEC 62271-201:2014 poses requirements on the evaluation of the 90% prospective peak current and premature extinction of the arc which have to be respected.

A.8.4 Rated frequency (item 4)

The impact on the outcome of an internal arc test is negligible, when the frequency is in the range of 48 Hz to 62 Hz.

A.8.5 Arrangement of assembly (items 5, 6 and 7)

Provided a minimum distance to the ceiling is ensured as specified in AA.1.1 of IEC 62271-200:2011 or AA.1 of IEC 62271-201:2014, the higher the distance between the switchgear assembly and the ceiling (equivalent for the lateral and rear walls), the lower is the gas temperature and density of the hot gases reflected from the ceiling towards the indicators, and the lower is the probability of indicator ignition. If an exhaust duct is installed on top of the switchgear assembly, the ceiling height is not relevant. However, the laboratory requires a minimum distance to the ceiling of 100 mm during the test to be able to document permanent deformations of the exhaust duct.

A.8.6 Indoor or outdoor installation (item 8)

In order to simulate outdoor conditions in case of accessibility from all sides, neither ceiling nor walls of an installation room are required. Hot gases ejected from the switchgear and controlgear freely flow into the environment and cannot be reflected by surrounding walls, which makes the test inside an installation room more severe.

A.8.7 Type of accessibility (item 9)

In the test set-up required for accessibility type B, lighter weight indicators (with less energy needed to ignite) are placed closer to the switchgear and controlgear than in the test required for accessibility type A. As far as the acceptance criterion no. 4 (ignition of indicators) of IEC 62271-200:2011 or IEC 62271-201:2014 is concerned, the test set-up for accessibility type B covers type A.

A.8.8 Accessible sides (item 10)

For accessibility type A and B, the set-up for a type test carried out according to classification FLR comprises the set-ups for classification F, FR and FL and therefore covers them as long as the distance between switchgear and controlgear and rear wall complies with the requirements given in IEC 62271-200:2011, AA.1.1 or IEC 62271-201:2014, AA.1 under the heading: accessible rear side. Theoretically, FLR also covers the classifications LR, L and R, which however make little sense, since the main target of the classification is to protect persons in front of the switchgear (F).

Annex B (informative)

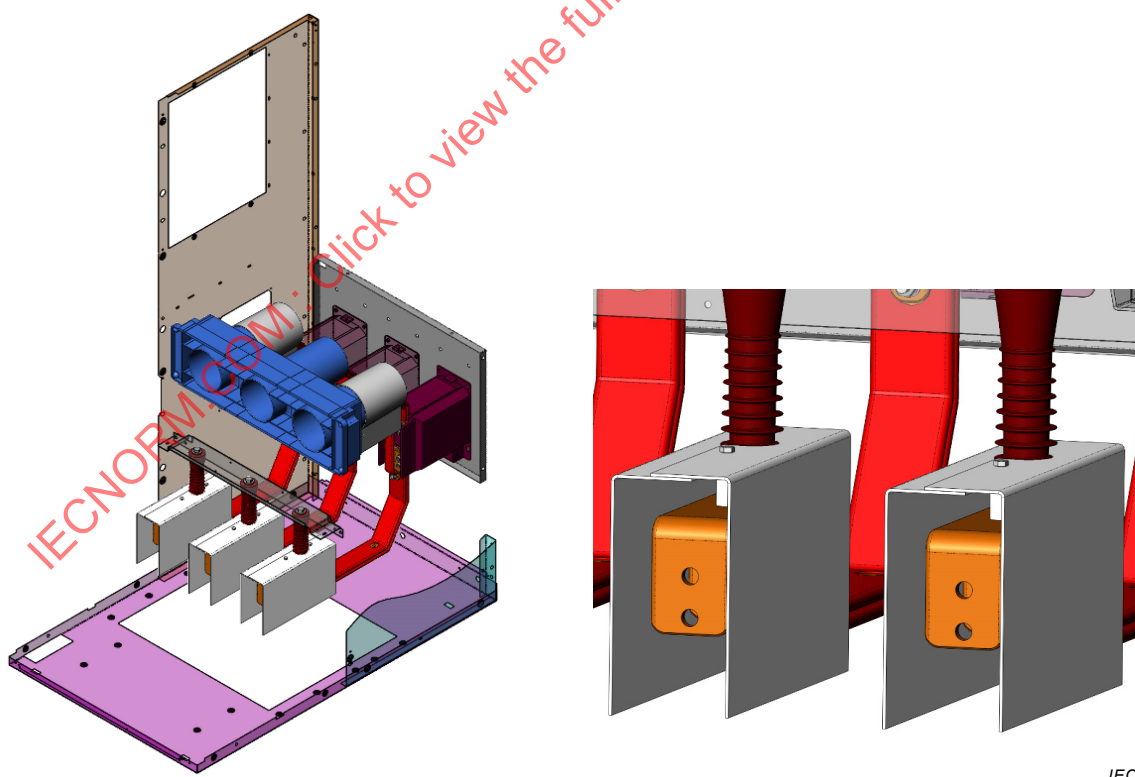
Examples for the extension of validity of type tests

B.1 General

The first three examples below demonstrate the use of the tables given in this Technical Report as a checklist to support the extension of validity of a performed type test on one functional unit when introducing a design modification into this unit. First, the design modification is briefly described. Second, an evaluation is given for one characteristic of the assembly with an exemplary table giving affirmation, if possible, to the listed design parameters and acceptance criteria. Where the comparison is not readily obvious, an explanation is provided. The design modification might also impact other type tests respectively characteristics of the switchgear and controlgear, which requires further analysis. Two other examples concern the extension of validity of performed type tests on other members of a family of switchgear and controlgear.

B.2 Design modification of a cable terminal in air insulated switchgear (AIS)

For a special customer request, the copper bar of the cable termination in the connection compartment of air insulated switchgear was elongated to accept another cable lug requiring two holes instead of the standard single hole (Figure B.1).



IEC

Figure B.1 – Cable terminals in the connection compartment of air insulated switchgear

The centre distance and clearance between phases remained the same as well as the creepage distance between phases, since the length of the insulating partition plate between the cable terminals was also increased (see items 1 and 3 in Table B.1). The clearance between the outer terminals and the wall of the compartment was not changed. The distance

between the cable termination and the bottom plate of the functional unit has been reduced, however remained larger than the minimum dielectric distance required by IEC 60071-1:2006/AMD1:2010 [9], Table A.1 (see item 2 in Table B.1). Considering these changes, all extension criteria according to the dielectric withstand performance can be affirmed.

The temperature rise test of the original arrangement of components can also be applied to the new design, since the elongation of the cable termination bar presents a lower resistance than the cable itself. Provided that the connected cable is mechanically fixed at the same position in the connection compartment as before, the electro-dynamic forces due to the current path are the same as before. If the cable lug mounted to the terminal with two bolts has been tested before, the short-circuit current withstand test need not be repeated. If the cable connection has not been tested in a similar arrangement of components, the test should be performed.

Table B.1 – Affirmation of extension criteria with respect to dielectric withstand performance of a functional unit

Item	Design parameter for the cable compartment	Acceptance criterion	Affirmation	
(1)	(2)	(3)	(5)	
1	Clearance between phases	$\geq$	Same	Y
2	Clearance to earth	$\geq$	Smaller, but still ok (see text)	
3	Creepage distance	$\geq$	Longer	Y
4	Electrical properties of Insulating material	$\geq$	Same	Y
5	Surface roughness of live parts	$\leq$	Same	Y
6	Radius of conductive parts	$\geq$	Same	Y
7	Open contact gap	$\geq$	Not applicable	
8	Isolating distance	$\geq$	Not applicable	
9	Minimum functional pressure for insulation	$\geq$	Not applicable	

B.3 Design modification of an AIS bus riser functional unit by adding current transformers

After development of a family of air insulated switchgear, it was requested to insert current transformers into a bus-bar riser functional unit (FU). Normally, these current transformers are installed in the incoming feeder FU. For implementation, the straight copper bars of the bus riser FU were cut and the current transformers were inserted (Figure B.2). The original bus riser FU had been completely type tested. The extension of the type test validity to this new design is demonstrated with respect to the short-time current test.

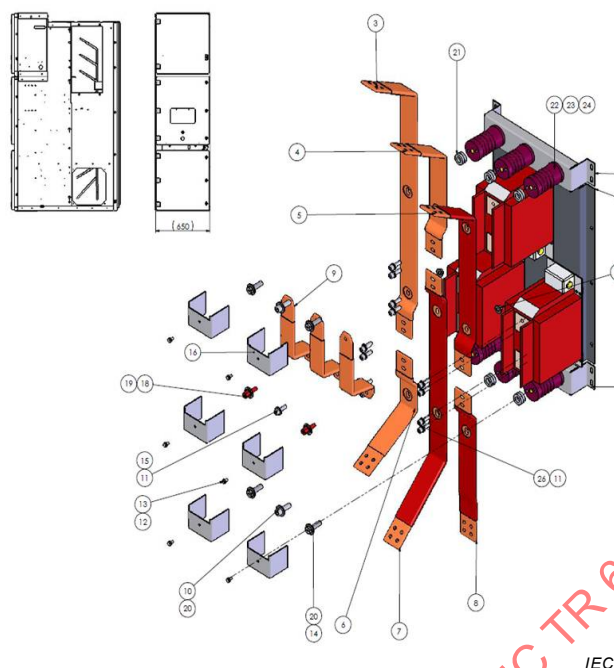


Figure B.2 – Addition of block-type current transformers into the bus riser functional unit of air insulated switchgear

Table B.2 – Affirmation of extension criteria with respect to short-time current withstand performance of a functional unit

item	Design parameter for bus riser functional unit	Acceptance criterion	Affirmation	
(1)	(2)	(3)	(5)	
1	Centre distance between phases	$\geq$	Same	Y
2	Electro-dynamic forces due to current path	$\leq$	Same	Y
3	Mechanical strength of insulating conductor supports	$\geq$	CT is acting as additional support	Y
4	Length of unsupported sections of conductors	$\leq$	Smaller	Y
5	Cross-section of conductors	$\geq$	Same	Y
6	Material of conductors	Same	Same	Y
7	Temperature class of insulating material in contact with conductors	$\geq$	Temperature class of CT material	Y
8	Mechanical strength of the enclosure/ partitions /bushings	$\geq$	Same	Y
9	Contacts of removable part	Same	Not applicable	

If it can be proven that the cantilever strength of the current transformers exceeds that of the replaced support insulators, or if the current transformers were tested with respect to their rated short-time withstand current before in a similar switchgear assembly using the same connections to the bus-bars (see items 2 and 7 in Table B.2), the type test of the bus riser FU need not be repeated and its validity can be extended to the new design. All design modifications indicate suitable short-time current performance.

The extension of the validity of dielectric, temperature rise and internal arc tests should be checked separately.

B.4 Design modification of a key-lock in the door of a functional unit of AIS

After development of all functional units of an air insulated family of switchgear and controlgear, customers often ask for the addition of special interlocks or key-locks. In the example shown in Figure B.3, the customer requested to replace a standard key-lock system assembled in the door of a circuit-breaker compartment by a special type of key-lock.

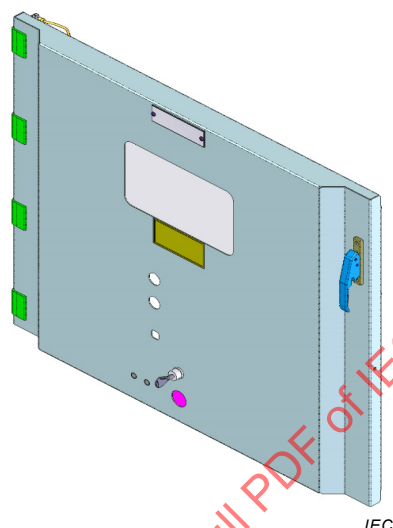


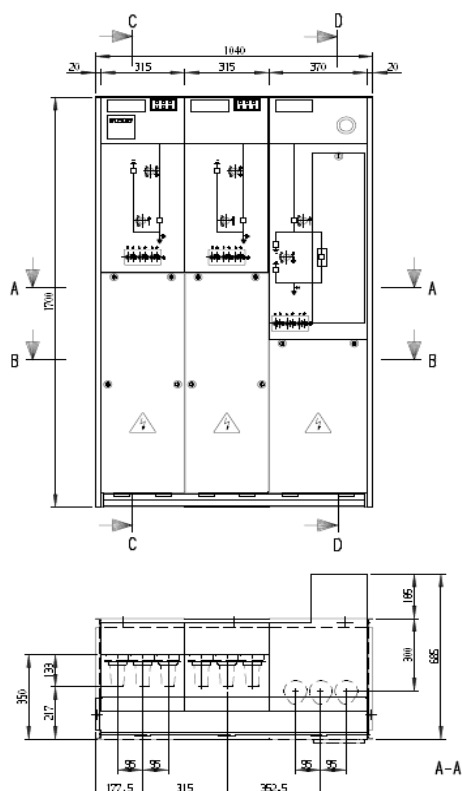
Figure B.3 – Special type of key-lock as replacement for a standard key-lock in the door of air insulated switchgear

The key-lock operates as an interlock system preventing access to the operating interface, which gives in this case access to the removable circuit-breaker. According to item 4 of Table 4, the strength of the locked mechanical linkage should be identical or better than the type tested part. Since the strength is not known, this extension criterion cannot be affirmed and therefore the test applying 25 operations according to IEC 62271-200 should be repeated. The internal arc test e.g. need not be repeated because of this design change since the strength of the door is not lower than before provided that the new key-lock has a similar fixing in the door.

B.5 Extension of a ring-main unit (GIS) to functional units with larger width

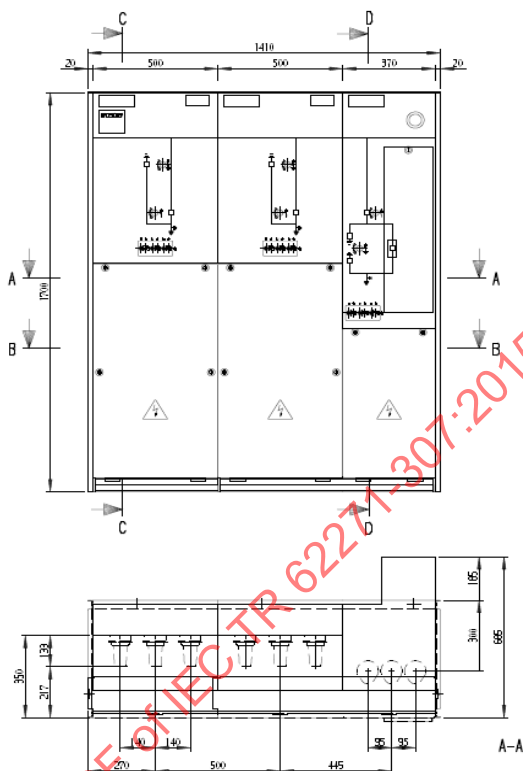
For an existing, completely type-tested ring-main-unit (SF₆-insulation) with two cable connection functional units and one transformer protection functional unit in a common enclosure, the centre distance between the cable terminations was changed by 45 mm in the two cable connection compartments. The width of these two functional units increased from 315 mm to 500 mm (Figure B.4). All other design parameters of the new switchgear and controlgear are equal to the existing RMU (e.g. rated values, load break switch, earthing switch, materials, filling gas pressure, bus-bar cross-section and connections). There was no change in the transformer protection functional unit. The main difference is that the bus-bars between the functional units increased in length.

For an extension of the validity of type tests, all tables contained in this Technical Report should be considered, but in the following only Table 3 concerning temperature rise tests is evaluated.



IEC

Figure B.4a – Normal version



IEC

Figure B.4b – Version with larger width

Figure B.4 – Front view and top cross sectional view of a combination of functional units making up a ring-main unit

The resistance of the bus-bar per unit length is the same as before so that this criterion can be affirmed. However, the overall resistance of the bus-bar system is increased because of the larger length, which results in a larger power dissipation inside the switchgear. Since at the same time, the volume of the enclosure increased accordingly, it can be concluded that the temperatures will be equal or less than those measured before in the smaller switchgear. From Table B.3 it is obvious that all the extension criteria can be affirmed as far as they are applicable. Therefore, the validity of the temperature rise type test can be extended.

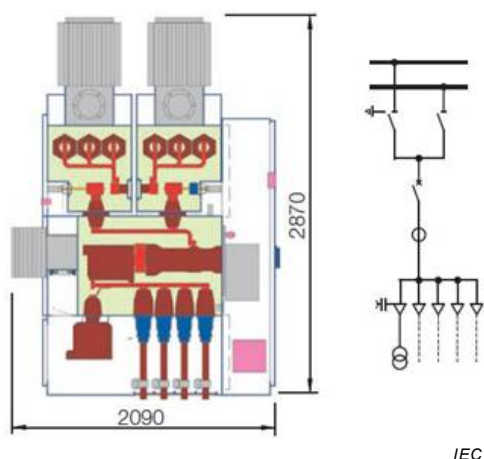
Table B.3 – Affirmation of extension criteria with respect to temperature rise performance of a ring-main-unit

Item	Design parameter of RMU	Acceptance criterion	Affirmation	
(1)	(2)	(3)	(5)	
1	Centre distance between phases	$\geq$	Larger	Y
2	Phase to earth distance	$\geq$	Same or larger	Y
3	Enclosure/compartment dimensions (L,H,W) and volume	$\geq$	Larger	Y
4	Minimum pressure of insulating gas	$\geq$	Same	Y
5	Current density of conductors	$\leq$	Same	Y
6	Resistance per unit length of conductors	$\leq$	Same	Y
7	Contact surface area of connections / joints	$\geq$	Same	Y
8	Contact force of connections / joints	$\geq$	Same	Y
9	Permissible temperature of contact materials of connections / joints	$\geq$	Same	Y
10	Effective ventilation area of partitions and enclosure	$\geq$	Not applicable	
11	Power dissipation of components	$\leq$	Same components used	Y
12	Area of Insulating barriers	$\leq$	Not applicable	
13	Thickness of insulating coating of conductors	$\leq$	Same	Y
14	Total coated surface area of enclosure for heat transfer	$\geq$	Not applicable	
15	Temperature class of insulating material in contact with conductors	$\geq$	Same	Y

B.6 Extension of a family of gas insulated switchgear (GIS) by a functional unit

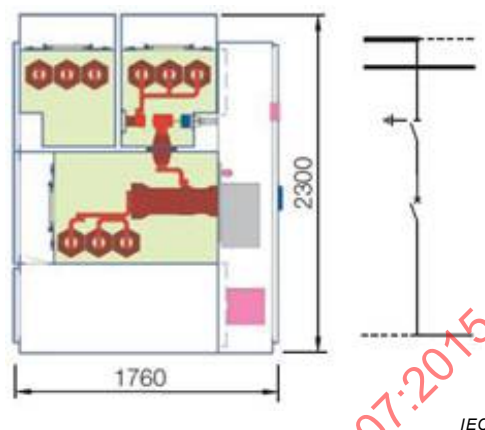
One practical application of the present Technical Report may be the extension of the validity of type tests performed on a particular functional unit equipped with the maximum number of possible devices to another functional unit of the same family of switchgear and controlgear equipped with other or fewer devices. Figures B.5a and B.5b display the cross-section of these two functional units, which use the same circuit-breaker and which have the same width of enclosure and centre distance between phases. The type tests on the functional unit according to Figure B.5a were done without heat sinks so that the two units are comparable with respect to the rated normal current. The tested object contained one circuit-breaker compartment and two compartments making up a double bus-bar feeder unit. The functional unit according to Figure B.5b is a bus coupler section using only one of the bus-bar compartments and a circuit-breaker compartment containing the same bus-bar bushings and connections as coupling elements to the neighbouring compartment.

Since the shape of the current path, which determines the electro-dynamic forces, and the supports are different between both functional units, item 2 of Table 5 cannot be simply affirmed. This requires either a calculation of the electro-dynamic forces and subsequent assessment or the retesting of the short-time withstand capability.



IEC

Figure B.5a – Type tested functional unit (version without heat sinks)



IEC

Figure B.5b – Bus coupler functional unit

Figure B.5 – Cross-section of two different functional units of GIS

With respect to making and breaking tests, all items but item 6 can be affirmed in Table 6. If it can be shown that one of the geometries in Figure B.5 poses the more onerous conditions on the vacuum interrupters concerning mutual electro-dynamic forces, only this geometry should be type tested.

Table B.4 – Affirmation of extension criteria with respect to internal arc classification of a GIS circuit-breaker compartment

Item	Design parameter for circuit-breaker compartment	Acceptance criterion	Affirmation	
(1)	(2)	(3)	(5)	
1	Clearance between phases	$\leq$	Same	Y
2	Clearance to earth	same	Larger	N
3	Net compartment volume	$\geq$	Same	Y
4	Rated pressure of insulating gas, if applicable	$\leq$	Same	Y
5	Cross-section of conductors	$\geq$	Same	Y
6	Raw material of conductors (Al or Cu or their alloys)	same	Same	Y
7	Location of the point of arc initiation	same	Dissimilar	N
8	Insulating material exposed to the arc	same	Different	N
9	Exhaust cross sectional area	$\geq$	Same	Y
10	Exhaust opening pressure	$\leq$	Same	Y
11	Mechanical strength of fixing elements to let open the relief device (flap)	$\leq$	Not applicable	
12	Mechanical strength of the enclosure and compartment	$\geq$	Same	Y
13	Thickness of the enclosure walls	$\geq$	Same	Y
14	Mechanical strength of the doors and covers	$\geq$	Not applicable	
15	Degree of protection of enclosure	same	Not applicable	

With respect to the internal arc classification, the validity of the original type test cannot be extended to the new functional unit. Main reason is the different arc initiation point (see Table B.4), which was in the vicinity of the cable plugs in the type-tested circuit-breaker compartment. The arc initiating wire would now be positioned at the bushings in the circuit-breaker compartment or at the circuit-breaker upper terminals depending on the direction of feed for the test. Both positions are different to the one used in the type-tested object. In addition, the clearance to earth is larger in some locations, which might increase the arc voltage and the arc energy.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC TR 62271-307:2015

Bibliography

- [1] IEC TR 60890, *A method of temperature-rise verification of low-voltage switchgear and controlgear assemblies by calculation*
- [2] M. Kriegel, X. Zhu, H. Digard, S. Feitoza, M. Glinkowski, A. Grund, H.K. Kim, J. Lopez-Roldan, P. Robin-Jouan, L. Van der Sluis, R.P.P. Smeets, T. Uchil, D. Yoshida, *Simulations and calculations as verification tools for design and performance of high-voltage equipment*, CIGRE WG A3.20, CIGRE session Paris, paper A3.210, 2008
- [3] IEC 61117, *Method for assessing the short-circuit withstand strength of partially type-tested assemblies (PTTA)*²
- [4] IEC 60865-1, *Short-circuit currents – Calculation of effects – Part 1: Definitions and calculation methods*
- [5] IEC TR 60865-2, *Short-circuit currents – Calculation of effects – Part 2: Examples of calculation*
- [6] CIGRE WG A3.24, Brochure 602, 2014: *Tools for the simulation of the effects of the internal arc in transmission and distribution switchgear*
- [7] IEC 60112, *Method for the determination of the proof and the comparative tracking indices of solid insulating materials*
- [8] IEC TR 60943, *Guidance concerning the permissible temperature rise for parts of electrical equipment, in particular for terminals*
- [9] IEC 60071-1:2006, *Insulation co-ordination – Part 1: Definitions, principles and rules*
IEC 60071-1:2006/AMD1:2010
- [10] IEC 60050-151:2001, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 151: Electrical and magnetic devices*
IEC 60050-151:2001/AMD1:2013
IEC 60050-151:2001/AMD2:2014

² This publication was withdrawn.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC TR 62271-307:2015

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	52
1 Généralités	54
1.1 Domaine d'application	54
1.2 Références normatives	54
2 Termes et définitions	55
3 Utilisation des critères d'extension	56
3.1 Généralités	56
3.2 Paramètres des critères d'extension	57
3.3 Utilisation des calculs	58
3.3.1 Généralités	58
3.3.2 Calcul d'échauffement	58
3.3.3 Calcul du champ électrique	58
3.3.4 Calcul des contraintes mécaniques	59
3.3.5 Calcul du courant de court-circuit	59
3.3.6 Calcul de l'augmentation de la pression d'arc interne	59
3.4 Informations nécessaires à l'extension de validité de l'essai de type	59
4 Application des critères d'extension	60
4.1 Essais diélectriques	60
4.2 Essais d'échauffement	61
4.3 Essais mécaniques	63
4.4 Essais de courant de courte durée et de valeur de crête	64
4.5 Essais d'établissement et de coupure	65
4.6 Essais de défaut d'arc interne	66
4.6.1 Généralités	66
4.6.2 Critères d'extension en relation avec la conception	66
4.6.3 Critères d'extension en relation avec les caractéristiques assignées et les conditions d'installation	67
5 Extension de la validité des essais de type	68
5.1 Généralités	68
5.2 Extension de validité d'un rapport d'essai à d'autres unités fonctionnelles (situation a)	69
5.3 Validation d'une famille par sélection des objets soumis à l'essai (situation b)	70
5.3.1 Généralités	70
5.3.2 Cartographie de la famille	71
5.3.3 Spécification des objets soumis à l'essai	72
5.4 Validation d'un ensemble par des rapports d'essai existants (situation c)	72
5.5 Validation d'une modification de conception (situation d)	73
Annexe A (informative) Justification des critères d'extension	74
A.1 Généralités	74
A.2 Essais diélectriques	74
A.2.1 Généralités	74
A.2.2 Distances d'isolement (éléments 1 et 2)	74
A.2.3 Supports et matériau isolants (éléments 3 et 4)	74
A.2.4 Parties sous tension (éléments 5 et 6)	75
A.2.5 Intervalle de contact ouvert et distance d'isolement (éléments 7 et 8)	75

A.2.6	Pression fonctionnelle minimale pour l'isolation (élément 9)	75
A.3	Essais d'échauffement	75
A.3.1	Généralités	75
A.3.2	Distance centrale entre conducteurs de phase (élément 1)	76
A.3.3	Distance phase-terre (élément 2)	76
A.3.4	Volume de l'enveloppe et du compartiment (élément 3)	76
A.3.5	Gaz isolant (élément 4)	77
A.3.6	Conducteurs (éléments 5 et 6)	77
A.3.7	Joints et connexions de conducteur (éléments 7, 8 et 9)	77
A.3.8	Surface de ventilation des cloisons et de l'enveloppe (élément 10)	78
A.3.9	Pertes des composants (élément 11)	78
A.3.10	Barrières isolantes (élément 12)	78
A.3.11	Revêtements isolants des conducteurs et des enveloppes (éléments 13 et 14)	78
A.3.12	Matériau isolant en contact avec les conducteurs (élément 15)	79
A.4	Essais mécaniques	79
A.4.1	Généralités	79
A.4.2	Systèmes de volets (élément 1)	80
A.4.3	Contacts des parties amovibles (élément 2)	80
A.4.4	Systèmes de verrouillage (éléments 3 et 4)	80
A.5	Essais de courant de courte durée et de valeur de crête	81
A.5.1	Généralités	81
A.5.2	Distance centrale entre conducteurs de phase (élément 1)	81
A.5.3	Conducteurs (éléments 2, 5 et 6)	81
A.5.4	Supports isolants des conducteurs (éléments 3 et 4)	82
A.5.5	Matériau isolant en contact avec les conducteurs (élément 7)	82
A.5.6	Enveloppe, cloisons ou traversées (élément 8)	82
A.5.7	Contacts de la partie amovible (élément 9)	83
A.6	Essais d'établissement et de coupure	83
A.6.1	Généralités	83
A.6.2	Distance d'isolement entre phases et à la terre (éléments 1 et 2)	83
A.6.3	Volume de l'enveloppe et du compartiment (élément 3)	83
A.6.4	Gaz isolant (élément 4)	84
A.6.5	Conducteurs (éléments 5 et 6)	84
A.6.6	Supports isolants (éléments 7, 8 et 9)	84
A.7	Essais de défaut d'arc interne	84
A.7.1	Généralités	84
A.7.2	Distance d'isolement entre phases et à la terre (éléments 1 et 2)	85
A.7.3	Volume du compartiment (élément 3)	85
A.7.4	Pression du gaz isolant (élément 4)	85
A.7.5	Matériau dans la région d'initiation de l'arc (éléments 5, 6, 7 et 8)	85
A.7.6	Dispositifs d'ouverture limiteurs de pression (éléments 9, 10 et 11)	86
A.7.7	Enveloppe et compartiments (éléments 12, 13, 14 et 15)	86
A.8	Justification des critères d'extension relatifs aux caractéristiques assignées de défaut d'arc et aux conditions d'installation	87
A.8.1	Généralités	87
A.8.2	Courant assigné et durée de défaut d'arc (éléments 1 et 2)	87
A.8.3	Tension assignée (élément 3)	87
A.8.4	Fréquence assignée (élément 4)	87

A.8.5	Agencement de l'ensemble (éléments 5, 6 et 7)	87
A.8.6	Installation en intérieur ou en extérieur (élément 8)	88
A.8.7	Type d'accessibilité (élément 9)	88
A.8.8	Côtés accessibles (élément 10)	88
Annexe B (informative) Exemples d'extension de validité d'essais de type		89
B.1	Généralités	89
B.2	Modification de conception d'une boîte d'extrémité d'un appareillage isolé dans l'air (AIS, air insulated switchgear)	89
B.3	Modification de conception d'une unité fonctionnelle de remontée de barres d'un AIS par ajout de transformateurs de courant	90
B.4	Modification de conception d'un verrou dans la porte d'une unité fonctionnelle d'un AIS	92
B.5	Extension d'un appareillage fonctionnel (appareillage isolé dans le gaz (GIS, Gas-insulated switchgear)) à des unités fonctionnelles plus larges	92
B.6	Extension d'une famille d'appareillage isolée dans le gaz par une unité fonctionnelle	94
Bibliographie		97
Figure 1 – Extension de validité d'un rapport d'essai; situation a)		70
Figure 2 – Validation d'une famille par sélection des objets soumis à l'essai appropriés; situation b)		71
Figure 3 – Validation d'un ensemble réel au moyen de rapports d'essai existants; situation c)		73
Figure B.1 – Boîtes d'extrémité dans le compartiment de connexion d'un appareillage isolé dans l'air		89
Figure B.2 – Ajout de transformateurs de courant de type bloc dans l'unité fonctionnelle de remontée de barres d'un appareillage isolé dans l'air		91
Figure B.3 – Type de verrou spécial en remplacement d'un verrou standard dans la porte d'un appareillage isolé dans l'air		92
Figure B.4 – Vue avant et schéma unifilaire d'une combinaison d'unités fonctionnelles constituant un appareillage fonctionnel		93
Figure B.5 – Section transversale de deux unités fonctionnelles distinctes d'un GIS		95
Tableau 1 – Exemples de paramètres de conception		57
Tableau 2 – Critères d'extension pour la performance de tenue diélectrique		61
Tableau 3 – Critères d'extension pour la performance d'échauffement		62
Tableau 4 – Critères d'extension pour la performance mécanique		63
Tableau 5 – Critères d'extension pour la performance de courant de courte durée et de valeur de crête		64
Tableau 6 – Critères d'extension pour la capacité d'établissement et de coupure		65
Tableau 7 – Critères d'extension pour la performance de résistance au défaut d'arc interne		66
Tableau 8 – Critères d'extension pour la classification du défaut d'arc interne en fonction des conditions d'installation		68
Tableau B.1 – Affirmation des critères d'extension en relation avec la performance de tenue diélectrique d'une unité fonctionnelle		90
Tableau B.2 – Affirmation des critères d'extension en relation avec la performance de courant de courte durée d'une unité fonctionnelle		91

Tableau B.3 – Affirmation des critères d'extension en relation avec la performance d'échauffement d'un appareillage fonctionnel	94
Tableau B.4 – Affirmation des critères d'extension en relation avec la classification d'arc interne d'un compartiment de disjoncteur d'un GIS	96

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC TR 62271-307:2015

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

APPAREILLAGE À HAUTE TENSION –

**Partie 307: Lignes directrices pour l'extension de validité
des essais de type d'appareillages en courant alternatif sous enveloppe
métallique et d'isolation solide pour tensions
assignées supérieures à 1 kV et jusqu'à 52 kV inclus**

AVANT-PROPOS

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

La tâche principale des comités d'études de l'IEC est l'élaboration des Normes internationales. Toutefois, un comité d'études peut proposer la publication d'un rapport technique lorsqu'il a réuni des données de nature différente de celles qui sont normalement publiées comme Normes internationales, cela pouvant comprendre, par exemple, des informations sur l'état de la technique.

L'IEC TR 62271-307, qui est un rapport technique, a été établie par le sous-comité 17C: Ensembles, du comité d'études 17 de l'IEC: Appareillage à haute tension.

Le présent Rapport technique doit être lu en conjonction avec l'IEC 62271-200 publiée en 2011 et l'IEC 62271-201 publiée en 2014.

Le texte de ce rapport technique est issu des documents suivants:

Projet d'enquête	Rapport de vote
17C/625/DTR	17C/632/RVC

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

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

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

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

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

IMPORTANT – Le logo "colour inside" qui se trouve sur la page de couverture de cette publication indique qu'elle contient des couleurs qui sont considérées comme utiles à une bonne compréhension de son contenu. Les utilisateurs devraient, par conséquent, imprimer cette publication en utilisant une imprimante couleur.

APPAREILLAGE À HAUTE TENSION –

Partie 307: Lignes directrices pour l'extension de validité des essais de type d'appareillages en courant alternatif sous enveloppe métallique et d'isolation solide pour tensions assignées supérieures à 1 kV et jusqu'à 52 kV inclus

1 Généralités

1.1 Domaine d'application

La présente Partie de l'IEC 62271, qui est un Rapport Technique, se réfère aux ensembles d'appareillage sous enveloppe métallique et d'isolation solide (appelés ci-dessous appareillages sous enveloppe) pour des tensions assignées en courant alternatif supérieures à 1 kV et jusqu'à 52 kV inclus, tels que spécifiés dans l'IEC 62271-200 et l'IEC 62271-201, et aux autres équipements inclus dans la même enveloppe et pouvant avoir une influence mutuelle.

Le présent Rapport technique peut être utilisé pour l'extension de la validité des essais de type effectués sur un objet soumis à l'essai présentant un ensemble défini de caractéristiques assignées à un autre ensemble d'appareillage de la même famille présentant un ensemble de caractéristiques assignées différent ou des agencements de composants différents. Il prend en charge la sélection d'objets représentatifs à soumettre à l'essai, composés d'unités fonctionnelles d'une famille d'appareillage dans le but d'optimiser les essais de type afin de réaliser une évaluation de conformité cohérente.

Le présent Rapport technique utilise une combinaison de principes techniques et physiques de bon sens, l'expérience du fabricant et du client ainsi que des calculs pour établir les lignes directrices de l'extension de validité des essais de type couvrant plusieurs aspects relatifs à la conception et aux caractéristiques assignées.

1.2 Références normatives

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

IEC 60050-441:1984, *Vocabulaire Electrotechnique International. Appareillage et fusibles*
IEC 60050-441:1984/AMD1:2000

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

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

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

2 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'IEC 60050-441, l'IEC 62271-1, l'IEC 62271-200, l'IEC 62271-201, ainsi que les suivants s'appliquent.

NOTE Certains termes et définitions normalisés sont rappelés ici à titre de référence.

2.101

appareillage

terme général applicable aux appareils de connexion et à leur combinaison avec des appareils de commande, de mesure, de protection et de réglage qui leur sont associés, ainsi qu'aux ensembles de tels appareils avec les connexions, les accessoires, les enveloppes et les charpentes correspondantes

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-11-01]

2.102

famille d'appareillage

unités fonctionnelles conçues pour être combinées physiquement pour former des ensembles et présentant une plage de caractéristiques assignées et de caractéristiques (p. ex. courant, tension, degré de protection)

2.103

unité fonctionnelle (d'un ensemble)

partie d'un ensemble comprenant tous les éléments des circuits principaux et des circuits auxiliaires qui concourent à l'exécution d'une seule fonction

Note 1 à l'article: Les unités fonctionnelles peuvent se différencier selon la fonction pour laquelle elles sont prévues, p. ex., l'unité d'arrivée par laquelle l'énergie électrique est normalement fournie à un ensemble, unité de départ par laquelle l'énergie électrique est normalement fournie à un ou plusieurs circuits externes.

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-13-04]

2.104

ensemble (d'appareillage de connexion et de commande)

combinaison d'appareillage de connexion et de commande complètement assemblé avec toutes les liaisons électriques et mécaniques internes

Note 1 à l'article: Un ensemble est constitué d'une ou plusieurs unités fonctionnelles.

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-12-01, modifiée – addition d'une note à l'article.]

2.105

composant

partie essentielle des circuits à haute tension ou de mise à la terre de l'appareillage sous enveloppe métallique et d'isolation solide qui exécute une fonction spécifique

Note 1 à l'article: Le disjoncteur, le sectionneur, le commutateur, le fusible, le transformateur de mesure, la traversée, la barre omnibus, sont des exemples de composants.

[SOURCE: IEC 62271-200:2011, 3.113, modifiée – réécriture de la définition et addition d'une note à l'article.]

2.106

circuit principal

toutes les parties conductrices à haute tension de l'appareillage sous enveloppe métallique et d'isolation solide incluses dans un circuit qui est destiné à transporter le courant assigné normal

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-13-02, modifiée – réécriture de la définition.]

2.107**objet en essai**

entité soumise à un essai, comprenant tous les accessoires, sauf mention contraire

[SOURCE: IEC 60050-151:2001, 151-16-28]

2.108**critère d'extension** (de validité)

critère basé sur les paramètres de conception, qui peut être appliqué pour valider la performance d'un ensemble non soumis à l'essai en fonction des résultats positifs d'un essai réalisé sur un autre ensemble concernant une caractéristique spécifique

2.109**groupe homogène**

groupe d'unités fonctionnelles d'une famille d'appareillage présentant des paramètres de conception qui permettent, pour une caractéristique spécifique, d'étendre la validité du résultat d'un essai de type réalisé sur un membre du groupe au reste du groupe

2.110**distance d'isolement**

distance entre deux parties conductrices le long d'un fil tendu suivant le plus court trajet possible entre ces deux parties conductrices

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-17-31]

2.111**distance d'isolement entre phases**

distance d'isolement entre toutes les parties conductrices de phases adjacentes

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-17-32, modifiée – modification du terme.]

2.112**distance d'isolement à la terre**

distance d'isolement entre n'importe quelle partie conductrice et n'importe quelle partie mise à la terre ou prévue pour être mise à la terre

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-17-33, modifiée – réécriture de la définition.]

2.113**distance centrale entre phases**

distance entre les centres de conducteurs de phase adjacents

3 Utilisation des critères d'extension**3.1 Généralités**

En raison de la diversité des types d'unités fonctionnelles, des caractéristiques assignées et des possibilités de combinaison des composants, il est difficile de réaliser des essais de type sur tous les ensembles d'appareillage sous enveloppe existants. Par conséquent, la performance d'un ensemble particulier peut être évaluée par référence aux rapports d'essai de type d'autres ensembles de la même famille d'appareillage. Les 4.1 à 4.6 présentent, pour chaque type d'essai de type (ou caractéristique) une liste non exhaustive de paramètres de conception, qu'il convient d'analyser pour l'extension de validité.

Il convient de baser l'analyse sur des principes techniques et physiques de bon sens et de l'appuyer sur des calculs, le cas échéant.

Il convient de comparer chaque paramètre de conception de l'ensemble à évaluer, énuméré dans la colonne respective des tableaux de 4.1 à 4.6, avec le paramètre de conception de l'ensemble déjà soumis à l'essai de type, en appliquant les critères d'acceptation fournis dans ces mêmes tableaux. L'affirmation de chaque critère d'extension permet d'appliquer un essai réalisé sur un ensemble présentant des caractéristiques spécifiques à un autre ensemble de la même famille présentant des caractéristiques différentes (p. ex. quelques caractéristiques assignées ou dimensions). Par exemple, l'affirmation de l'élément (1) du Tableau 2 se lit ainsi: la distance d'isolement entre les phases de l'ensemble évalué est supérieure ou égale à la distance d'isolement entre les phases de l'ensemble soumis à l'essai.

Si l'un des critères d'extension ne peut pas être affirmé, des preuves supplémentaires sont exigées, par exemple au moyen d'arguments techniques, de calculs/simulations ou d'essais spécifiques. Les calculs ne peuvent être appliqués qu'à des fins de comparaison, comme indiqué en 3.3.

3.2 Paramètres des critères d'extension

Les critères d'extension des essais de type disponibles pour une famille d'appareillage dépendent de différents paramètres de conception tels que ceux énumérés au Tableau 1. Chaque ensemble est caractérisé par sa propre série de paramètres de conception.

Les paramètres des composants sont des paramètres de conception et de fonctionnement qui influencent la capacité du composant relativement à ses propres caractéristiques assignées. Ces paramètres sont contrôlés et spécifiés par le fabricant du composant. Il convient que toutes les applications d'un composant au sein d'une famille d'appareillage satisfassent aux tolérances spécifiées par le fabricant pour les paramètres des composants. L'extension de validité des essais de type conformément à une norme relative au composant ne fait pas partie du domaine d'application du présent Rapport technique.

NOTE Certains appareils de connexion, comme les sectionneurs de mise à la terre, peuvent ne pas être disponibles sous forme de composant séparé et doivent être soumis à l'essai à l'intérieur d'un ensemble conformément aux normes relatives au composant.

Tableau 1 – Exemples de paramètres de conception

Paramètre de conception	Relatif à
Matière première d'un contact dans un appareil de connexion	Composant
Géométrie d'un contact dans un appareil de connexion	Composant
Vitesse d'ouverture et de fermeture d'un appareil de connexion	Composant
Temps de rebond autorisé d'un appareil de connexion	Composant
Distance d'isolement entre phases	Composant/ensemble
Distance d'isolement à la terre	Composant/ensemble
Pression du gaz isolant dans un compartiment	Composant/ensemble
Classe d'isolement de toutes les parties d'isolation en contact avec les conducteurs	Composant/ensemble
Longueur de la section non supportée de la barre omnibus	Ensemble
Agencement des composants	Ensemble
NOTE Ce tableau présente uniquement des exemples et n'est pas destiné à être exhaustif.	

Les paramètres de l'ensemble sont les paramètres directement influencés par la conception d'un ensemble d'une famille d'appareillage; ils peuvent toutefois dépendre des paramètres des composants. Les paramètres d'ensemble font partie du domaine d'application du présent Rapport technique.

3.3 Utilisation des calculs

3.3.1 Généralités

Pour les besoins du présent Rapport technique, les calculs et les simulations peuvent être appliqués uniquement à titre de comparaison, au moyen des résultats de calculs disponibles pour un ensemble soumis à un essai de type et des résultats obtenus pour un autre ensemble en cours d'investigation. La comparaison est toujours basée sur les paramètres de conception et les critères d'acceptation des Tableaux 2 à 7.

Dans de nombreux cas, la performance d'un ensemble donné par rapport à un essai de type particulier ne peut pas être évaluée au moyen d'une seule valeur d'un paramètre de conception, en raison de la complexité de la conception. Par exemple, la distance d'isolement entre des conducteurs de phase peut varier considérablement sur le chemin du courant. Les calculs présentent un potentiel de comparaison du paramètre de conception respectif avec la résolution spatiale en soutien de la comparaison effectuée à l'aide d'arguments et d'expertises techniques.

En fonction de l'essai de type et du paramètre de conception particulier, un modèle simple de l'appareillage concerné peut quelquefois suffire, à l'aide d'une formule analytique ou empirique, et quelquefois, un modèle de simulation tridimensionnel complet peut être exigé, utilisant un outil numérique complexe, dès lors que les résultats de l'outil de simulation sont cohérents et répétables.

La validation des outils logiciels et des méthodes de calculs eux-mêmes ne fait pas partie du domaine d'application du présent Rapport technique. Certaines de ces méthodes de calcul sont brièvement mentionnées ci-dessous, ainsi que leurs caractéristiques particulières.

3.3.2 Calcul d'échauffement

Le Rapport technique IEC TR 60890 [1]¹ présente les procédures de calcul pour les ensembles à basse tension. Celles-ci peuvent également être appliquées aux ensembles d'appareillage à haute tension, en tenant compte des limites particulières de cette méthode de calcul. Le calcul est effectué en fonction de la puissance totale générée à l'intérieur, de la surface des parois de l'enveloppe et de leurs conditions de montage, du nombre de cloisons horizontales et de la surface des ouvertures de ventilation. Le paramètre à comparer est la température de l'air à l'intérieur du compartiment soumis à l'essai.

Pour les géométries complexes, une comparaison peut être réalisée par les réseaux thermiques, où l'ensemble complet avec tous ses composants est divisé en éléments indépendants construits à partir de résistances thermogènes et d'éléments de conduction et de convection de la chaleur. De plus, des outils de dynamique des fluides numériques (CFD, computational fluid dynamics) plus complexes peuvent être appliqués, lesquels nécessitent un modèle complet en trois dimensions de l'appareillage.

3.3.3 Calcul du champ électrique

La performance de tenue diélectrique de deux ensembles peut être évaluée par une simulation de champ électrique des deux conceptions qui compare les résultats des résistances du champ électrique. Il existe des outils logiciels par éléments finis ou par volumes finis qui permettent de simuler des géométries tridimensionnelles, même complexes. Une publication du CIGRE [2], en particulier, conclut, concernant les calculs de champ électrique: «La simulation est un excellent outil instructif... qui permet de prédire la performance, lorsque la performance est prouvée par des essais sur des conceptions similaires (interpolation)».

¹ Les chiffres entre crochets se réfèrent à la Bibliographie.

Il est à noter que le présent Rapport technique ne donne aucune information sur l'extrapolation mais uniquement sur l'interpolation de caractéristiques: par exemple, l'extension de validité à des valeurs de résistances de champs électriques plus élevées n'est pas traitée.

3.3.4 Calcul des contraintes mécaniques

Il existe des logiciels de simulation pour les mécanismes de fonctionnement, qui peuvent donner des informations sur les contraintes mécaniques subies par des parties du mécanisme. Toutefois, ces programmes ne permettent pas d'évaluer l'endurance mécanique. Par conséquent, dans l'état actuel des logiciels de simulation disponibles, il n'est pas recommandé d'utiliser les simulations pour l'extension de la validité des essais de type mécaniques. La résistance de parties ou de supports mécaniques simples peut néanmoins être évaluée par ces calculs.

3.3.5 Calcul du courant de court-circuit

Concernant la performance de tenue du courant de courte durée, des lignes directrices et des formules de calcul pour les conceptions de barre omnibus sont disponibles dans une directive sur la tenue aux courts-circuits des ensembles à basse tension [3, 4, 5]. Cela inclut la détermination des forces électromagnétiques mutuelles entre les conducteurs de phase et les contraintes mécaniques résultantes pouvant plier les conducteurs de barre omnibus et endommager les sectionneurs. Les contraintes mécaniques sur les barres omnibus et les forces appliquées aux supports peuvent être évaluées par le biais de programmes d'analyse des contraintes, en appliquant les forces électromagnétiques calculées. En outre, un calcul de la contrainte thermique peut être fait en utilisant $I_k^2 t_k$ lorsque l'évaluation est faite pour une valeur I_k inférieure et une valeur t_k supérieure aux valeurs testées.

3.3.6 Calcul de l'augmentation de la pression d'arc interne

La comparaison de la performance de résistance à la pression de deux ensembles peut être démontrée par des calculs d'augmentation de la pression pour les compartiments en cours d'investigation [6]. Les calculs peuvent fournir l'augmentation de pression dans les compartiments à l'étude de l'ouverture de dispositifs limiteurs de pression. Une évaluation de la résistance des parois de l'enveloppe sous la contrainte de pression peut être réalisée pour les géométries simples au moyen d'une formule de calcul, ou au moyen d'une analyse des contraintes mécaniques par éléments finis.

Le flux de gaz chauds expulsé du compartiment peut être simulé par des programmes CFD. Cependant, au moment de la publication du présent Rapport technique, il n'est pas possible de simuler l'allumage des indicateurs, qui est un critère d'acceptation important de l'essai de type. Ces programmes ont donc des applications limitées en ce qui concerne l'extension de validité de l'essai de type.

3.4 Informations nécessaires à l'extension de validité de l'essai de type

Pour l'extension de validité de l'essai de type, il convient de rassembler des informations similaires sur l'ensemble en cours d'évaluation, comme requis pour les objets soumis aux essais de type conformément à l'IEC 62271-1:2011, 6.1.3. De plus, il convient d'utiliser les tableaux donnés à l'Article 4 pour donner, pour chaque caractéristique, c'est-à-dire chaque essai de type, les informations pertinentes sur les paramètres de conception de l'objet soumis à l'essai et des unités fonctionnelles en cours d'évaluation. Seuls les tableaux relatifs à la caractéristique en cours d'évaluation doivent être utilisés.

Il convient de fournir les rapports applicables de l'essai de type dès lors qu'ils concernent la comparaison des deux ensembles.

Il est recommandé que le fabricant donne les informations pertinentes sur les paramètres de conception de l'objet soumis à l'essai telles qu'énumérées dans les tableaux de l'Article 4, qui

devront être incluses dans tous les rapports d'essai de type en plus des informations exigées par les normes des produits.

Le plus souvent, les paramètres de conception à valeur unique ne suffisent pas à réaliser l'évaluation. Dans ce cas, des dessins pertinents des deux objets peuvent être nécessaires.

Lorsqu'une comparaison est corroborée par des calculs, des données numériques ou une formule, il convient de donner le type de logiciel utilisé, le numéro de référence du rapport de calcul et un bref récapitulatif des résultats.

Il convient d'établir des documents permettant d'assurer la traçabilité de l'analyse effectuée. Il convient que ces documents fassent partie du rapport d'extension de validité des essais de type réalisés à la famille entière ou à une partie de la famille d'appareillage.

4 Application des critères d'extension

4.1 Essais diélectriques

Il convient de tenir compte des critères énumérés au Tableau 2 pour toutes les parties de l'ensemble d'appareillage. L'évaluation est applicable à l'extension de la validité des essais de tenue diélectrique d'une unité fonctionnelle ou d'un ensemble à un(e) autre appartenant à la même famille d'appareillage ayant un niveau d'isolement identique ou inférieur.

Si nécessaire pour la performance diélectrique, des barrières d'isolation et une isolation supplémentaire peuvent avoir été incluses dans les objets soumis à l'essai de type, conformément à l'IEC 62271-1:2007, 6.2.3, et par conséquent, l'extension de validité de l'essai de type ne peut être réalisée que sur des unités fonctionnelles ou des ensembles présentant le même agencement et la même conception relativement à cette isolation.

L'objet soumis à l'essai doit contenir des éléments adaptés ou en double qui reproduisent la configuration du champ, par exemple des connexions à haute tension des transformateurs de mesure ou des fusibles, en choisissant les conditions d'essai les plus rigoureuses (voir l'IEC 62271-200:2007, 6.2.6.1 et 6.2.6.2). Cela permet d'étendre la validité des essais de type à l'utilisation de composants présentant une spécification technique différente s'ils ont la même configuration de champ électrique externe. Ces considérations peuvent s'appliquer aux autres accessoires à haute et basse tension tels que les parafoudres et les dispositifs de chauffage.

Tableau 2 – Critères d'extension pour la performance de tenue diélectrique

Élément	Paramètre de conception	Critère d'acceptation	Condition
(1)	(2)	(3)	(4)
1	Distance d'isolement entre phases	$\geq$	
2	Distance d'isolement à la terre	$\geq$	
3	Ligne de fuite	$\geq$	Voir NOTE 1
4	Propriétés électriques du matériau isolant	$\geq$	Un résultat comparatif entre deux matériaux peut être exigé (p. ex. indice de suivi comparatif selon l'IEC 60112 [7])
5	Rugosité de surface des parties sous tension	$\leq$	
6	Rayon des parties conductrices	$\geq$	Il convient de prendre en compte non seulement le rayon des parties sous tension, mais aussi le rayon de toutes les autres parties conductrices qui font face aux parties sous tension (p. ex. dispositifs de mise à la terre, enveloppe, câblage basse tension (BT), charpentes) Voir NOTE 2
7	Intervalle de contact ouvert	$\geq$	En cas d'influence de l'ensemble d'appareillage
8	Distance d'isolement	$\geq$	En cas d'influence de l'ensemble d'appareillage
9	Pression fonctionnelle minimale pour l'isolation	$\geq$	Même fluide; pour appareillage isolé par fluide
NOTE 1 La distribution du champ le long de la surface d'isolement est aussi prise en compte.			
NOTE 2 La géométrie des matériaux isolants modifie également le champ électrique.			

4.2 Essais d'échauffement

Les critères d'extension pour la performance d'échauffement à un courant assigné normal inférieur ou égal au courant assigné à l'unité fonctionnelle soumise à l'essai de type sont résumés au Tableau 3. Le tableau ne prend pas en compte la ventilation forcée.

La capacité de transport de courant d'une unité fonctionnelle dépend également de la conception de la connexion de barre omnibus et de la distribution du courant dans les unités fonctionnelles adjacentes. Il convient que l'essai d'échauffement soit réalisé dans les conditions les plus rigoureuses, comme requis par la norme (ex. l'IEC 62271-200:2011, 6.5): il est donc supposé que l'impact des unités fonctionnelles voisines sur la performance d'échauffement est égal ou inférieur à l'impact durant l'essai de type.

Lorsqu'une unité fonctionnelle peut comprendre différents éléments d'une famille de composants, tels que des transformateurs de mesure ou des fusibles, il convient de comparer ces composants un par un pour étendre la validité de l'essai de type à toute la famille de composants.

Pour l'extension de la fréquence assignée comprise entre 50 Hz et 60 Hz, voir le 6.5.2 de l'IEC 62271-200:2011.

Les transformateurs de courant doivent être soumis à l'essai et vérifiés en fonction de leurs propres normes de produits. Lorsque les transformateurs de courant sont installés dans une unité fonctionnelle, ils peuvent être considérés comme acceptables s'ils présentent des pertes de l'enroulement primaire et secondaire au courant assigné de l'unité fonctionnelle inférieures ou égales à celles des transformateurs de courant installés dans l'unité fonctionnelle soumise à l'essai de type. Les transformateurs de courant présentant un courant assigné inférieur et une résistance de l'enroulement primaire supérieure ne peuvent être utilisés dans

l'appareillage qu'avec un courant de service plus faible pour lequel ils présentent une dissipation de puissance principale identique ou inférieure. Il convient de tenir compte des mêmes éléments pour d'autres composants tels que les transformateurs qui alimentent les circuits auxiliaires et de commande.

Tableau 3 – Critères d'extension pour la performance d'échauffement

Elément	Paramètre de conception	Critère d'acceptation	Condition
(1)	(2)	(3)	(4)
1	Distance centrale entre phases	$\geq$	A valider uniquement pour les courants assignés normaux supérieurs à 1 250 A (voir l'IEC 62271-1:2007, 6.5.2)
2	Distance phase-terre	$\geq$	A valider uniquement lorsque l'influence des éléments voisins due aux courants ne peut pas être évitée, p. ex. les courants de Foucault et magnétisants. Voir NOTE 1
3	Dimensions de l'enveloppe/du compartiment (largeur (L), hauteur (H), profondeur (P)) et volume	$\geq$	L'enveloppe et les compartiments sont de construction identique. Voir NOTE 1
4	Pression minimale du gaz isolant	$\geq$	Même gaz; pour appareillage isolé par gaz
5	Densité de courant des conducteurs	$\leq$	Les conducteurs présentent le même agencement physique
6	Résistance par unité de longueur des conducteurs	$\leq$	Comparer le matériau et la section transversale du conducteur Voir NOTE 2
7	Surface de contact des connexions/joints	$\geq$	Matériau de contact identique ou meilleur
8	Force de contact des connexions/joints	$\geq$	Matériau de contact identique ou meilleur
9	Température admissible des matériaux de contact des connexions/joints	$\geq$	Y compris les revêtements métalliques de résistivité inférieure ou égale
10	Surface de ventilation efficace des cloisons et de l'enveloppe	$\geq$	Voir NOTE 3
11	Dissipation de puissance des composants	$\leq$	Ici, les appareils de connexion, fusibles et transformateurs de courant principaux sont étudiés. Voir NOTE 4
12	Surface des barrières isolantes	$\leq$	Les barrières présentent le même agencement physique
13	Épaisseur du revêtement isolant des conducteurs	$\leq$	Il convient que la résistivité thermique et le coefficient d'émission du revêtement soient les mêmes. Voir NOTE 5
14	Surface revêtue totale de l'enveloppe pour le transfert thermique	$\geq$	Il convient que le coefficient d'émission du revêtement soit le même.
15	Classe de température du matériau isolant en contact avec les conducteurs	$\geq$	

NOTE 1 L'utilisation de matériau non ferromagnétique pour l'enveloppe et les cloisons réduit la chaleur générée par les champs magnétiques alternatifs, par rapport à l'acier doux p. ex., lorsque les conducteurs les traversent.

NOTE 2 Les résistances électrique et thermique sont supposées être proportionnelles.

NOTE 3 Il convient de tenir compte du degré de protection (code IP).

NOTE 4 La dissipation de puissance des enroulements principaux et secondaires des transformateurs de courant peut nécessiter d'être étudiée.

NOTE 5 Le revêtement des barres omnibus, p. ex. la peinture, améliore le transfert thermique vers le milieu environnant. La couleur de la peinture n'a pas d'effet significatif sur le rayonnement thermique.

4.3 Essais mécaniques

Les appareils de connexion utilisés dans une famille d'appareillage doivent subir un essai de type en relation avec la fonctionnalité et l'endurance mécanique, conformément à la norme relative au composant. Ceci s'applique aux mécanismes de manœuvre des appareils de connexion, ainsi qu'aux arbres et aux interfaces utilisés pour le fonctionnement manuel ou sous tension. Les indicateurs de position mécaniques sont également traités par les normes relatives aux composants.

Les parties mécaniques évaluées dans l'ensemble d'appareillage qui ne sont pas traitées par une norme dédiée sont les suivantes:

- systèmes de volets,
- contacts de la partie amovible,
- verrouillages et chaîne cinématique de liaisons opérationnelles.

Il convient de contrôler l'impact sur le comportement mécanique de toute modification dans la conception de l'unité fonctionnelle affectant le montage/support de l'appareil de connexion et les parties mentionnées ci-dessus. L'extension de validité ne peut être effectuée que lorsque l'agencement de composants soumis à l'essai est considéré comme fonctionnant dans des conditions égales ou plus rigoureuses. Le Tableau 4 présente les critères d'extension pour les parties non traitées par les normes relatives aux composants, à condition que le nombre d'opérations assignées aux parties concernées soit inférieur ou égal à celui de l'ensemble soumis à l'essai de type.

Tableau 4 – Critères d'extension pour la performance mécanique

Elément	Partie	Paramètre de conception	Critère d'acceptation	Condition
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1	Systèmes de volets	1. Résistance de la liaison mécanique verrouillée, y compris le volet	$\geq$	Le principe de conception du système de volet est le même, mais les dimensions peuvent être différentes. Voir NOTE
		2. Masse du volet	$\leq$	
2	Contacts de la partie amovible	1. Nombre de points de contact	$\leq$	Les conceptions des contacts, dont la base et le matériau isolant, et les supports des contacts amovibles et fixes sont les mêmes.
		2. Force de chaque contact	$\leq$	
		3. Rugosité de surface du contact	$\leq$	
3	Système de verrouillage activé directement sur la chaîne mécanique	1. Résistance de la liaison mécanique verrouillée	$\geq$	Le principe de conception du système de verrouillage est le même, mais les dimensions peuvent être différentes. Voir NOTE
		2. Couple appliqué pendant une tentative d'actionnement	$\leq$	
4	Système de verrouillage empêchant l'accès aux dispositifs d'actionnement	1. Résistance de la liaison mécanique verrouillée	$\geq$	Le principe de conception du système de verrouillage est le même, mais les dimensions peuvent être différentes. Voir NOTE
		2. Force de fonctionnement normale	$\leq$	

NOTE Il convient d'évaluer le compartiment/l'enveloppe en relation avec la résistance concernant la fixation et le montage de verrouillages et d'arbres de commande si applicable.

4.4 Essais de courant de courte durée et de valeur de crête

L'extension de validité des essais de type de courant de courte durée et de valeur de crête obtenus sur les circuits principaux et de mise à la terre des ensembles d'unités fonctionnelles conformément à l'IEC 62271-200 ou l'IEC 62271-201 à d'autres ensembles de la même famille peut être réalisée au moyen des critères donnés au Tableau 5, dès lors que les caractéristiques assignées de courant de court-circuit (I_k et I_p) sont inférieures ou égales, indépendamment de la valeur de la fréquence (50/60 Hz). L'échange d'appareils de connexion soumis à des essais de type est étudié au Tableau 5. La validation des modifications à l'intérieur de ces appareils de connexion ne fait pas partie du domaine d'application du présent Rapport technique. La durée de court-circuit t_k peut être plus longue, à condition que la valeur $I_k^2 t_k$ donnée au 6.6.2 of IEC 62271-1:2007 soit respectée.

Afin d'étendre la validité d'un essai de type réalisé sur un compartiment de barre omnibus, l'essai de type est supposé avoir été réalisé avec au moins deux sections en série présentant une section transversale de barre omnibus identique. Cela permet d'évaluer des joints de barre omnibus différents par affirmation des éléments du Tableau 5.

Tableau 5 – Critères d'extension pour la performance de courant de courte durée et de valeur de crête

Elément	Paramètre de conception	Critère d'acceptation	Condition
(1)	(2)	(3)	(4)
1	Distance centrale entre phases	$\geq$	
2	Forces électrodynamiques dues au passage du courant	$\leq$	Les conducteurs présentent le même agencement physique. Voir NOTE 1
3	Résistance mécanique des supports isolants du conducteur	$\geq$	Voir NOTES 2 et 3
4	Longueur des sections non supportées des conducteurs	$\leq$	
5	Section transversale des conducteurs	$\geq$	Les connexions des conducteurs sont adaptées et présentent une force de serrage et une surface de contact égales ou supérieures. Voir NOTES 4 et 5
6	Matériau des conducteurs	Identique	Voir NOTES 4 et 5
7	Classe de température du matériau isolant en contact avec les conducteurs	$\geq$	
8	Résistance mécanique de l'enveloppe/des cloisons/des traversées	$\geq$	Voir NOTES 2 et 3
9	Contacts de la partie amovible	Identique	Tenir compte de la conception entière du sous-ensemble de contact et de la fixation/du montage de la partie amovible.
NOTE 1 L'effet des différents trajets peut être évalué au moyen du calcul des forces électrodynamiques.			
NOTE 2 La résistance comprend la résistance mécanique à la compression, à la traction et à la tenue à la flexion.			
NOTE 3 L'enveloppe peut fournir la base pour les supports mécaniques.			
NOTE 4 Dans le cas des circuits de mise à la terre: dans certaines conceptions, les conducteurs peuvent inclure des parties de l'enveloppe métallique utilisée comme circuit de mise à la terre.			
NOTE 5 Les conducteurs comprennent des connexions dans le circuit principal et dans le circuit de mise à la terre jusqu'à la borne de mise à la terre.			

4.5 Essais d'établissement et de coupure

Les appareils de connexion faisant partie du circuit principal et du circuit de mise à la terre de l'appareillage sous enveloppe doivent être soumis à un essai de vérification de leurs capacités assignées d'établissement et de coupure conformément aux normes relatives aux composants concernés. L'IEC 62271-200:2011 stipule que «des essais supplémentaires ne sont pas nécessaires si les essais d'établissement et de coupure ont été réalisés sur les appareils de connexion installés dans un appareillage sous enveloppe métallique dans des conditions identiques ou plus rigoureuses.» Elle donne déjà une note relative aux effets pouvant influencer la performance des appareils de connexion, tels que les forces mécaniques dues au court-circuit, la ventilation des produits de l'arc, la possibilité de décharges disruptives, etc., et elle reconnaît également que dans certains cas, cette influence peut être négligeable.

Les règles d'extension de la validité des essais d'établissement et de coupure sont décrites au 6.101 de l'IEC 62271-200:2011 et sont équivalentes à celles de l'IEC 62271-201:2014. Le Tableau 6 énumère les paramètres de conception pertinents qu'il convient d'envisager pour établir des conditions identiques ou moins rigoureuses. Tous les paramètres du Tableau 6 sont des paramètres relatifs aux ensembles. Le Tableau 6 s'applique également aux parties amovibles.

Tableau 6 – Critères d'extension pour la capacité d'établissement et de coupure

Elément	Paramètre de conception	Critère d'acceptation	Condition
(1)	(2)	(3)	(4)
1	Distance d'isolement entre phases	$\geq$	Voir NOTE 1
2	Distance d'isolement à la terre	$\geq$	
3	Volume de l'enveloppe/du compartiment	$\geq$	A valider uniquement si le fluide (gaz ou liquide) dans le volume est impliqué dans le processus d'établissement et de coupure.
4	Pression minimale de fonctionnement du gaz isolant	$\geq$	La caractéristique de déplacement se trouve dans les limites de tolérance autorisées.
5	Section transversale des conducteurs	$\geq$	Voir NOTE 2
6	Forces électrodynamiques dues au courant dans les chemins de connexion à l'appareil de connexion	$\leq$	A valider uniquement si le trajet du courant a un impact sur la performance d'établissement et de coupure
7	Résistance mécanique des supports isolants	$\geq$	Ici, il convient de tenir compte des supports des conducteurs de phase Voir NOTE 3
8	Résistance mécanique de l'enveloppe/des cloisons/des traversées	$\geq$	Voir NOTE 3
9	Longueur de la section non supportée des conducteurs	$\leq$	Voir NOTE 3

NOTE 1 Il convient de traiter les extensions de validité d'essai de type relatives à la distance centrale entre les phases à l'intérieur de l'appareil de connexion conformément à la norme du composant associée.

NOTE 2 Les contacts d'une partie amovible n'affectent pas la capacité d'établissement et de coupure de l'appareil de connexion associé et ne doivent donc pas être pris en compte.

NOTE 3 La résistance mécanique est supposée être déjà validée par un essai de courant de courte durée et de valeur de crête. Ne s'applique pas aux courants capacitifs ni aux autres courants de commutation de charge.

4.6 Essais de défaut d'arc interne

4.6.1 Généralités

L'appareillage auquel une classification d'arc interne (IAC, internal arc classification) a été assignée a été soumis à un essai d'arc interne comme spécifié dans l'IEC 62271-200 ou dans l'IEC 62271-201. En fonction de l'objectif de l'extension, il convient de tenir compte des critères en relation avec la conception de l'appareillage ou en relation avec les caractéristiques assignées et les conditions d'installation, ou les deux.

4.6.2 Critères d'extension en relation avec la conception

Les essais d'arc interne étant réalisés sur des compartiments individuels, il convient d'appliquer les critères d'extension donnés au Tableau 7 sur chaque compartiment à haute tension. L'évaluation complète d'une unité fonctionnelle ou d'un ensemble est obtenue après que tous les compartiments à haute tension associés aient été évalués. Il est possible de combiner différents essais d'arc internes effectués sur les compartiments dans différentes unités fonctionnelles pour prolonger la validité des essais de type à l'ensemble vérifié. Des détails sur les paramètres de conception et les critères d'acceptation pour un compartiment ayant un défaut d'arc de courant et la durée égale ou inférieure à attribuer à celle spécifiée au type de compartiment sont indiqués dans le Tableau 7.

Tableau 7 – Critères d'extension pour la performance de résistance au défaut d'arc interne

Elément	Paramètre de conception	Critère d'acceptation	Condition
(1)	(2)	(3)	(4)
1	Distance d'isolement entre phases	≤	
2	Distance d'isolement à la terre	Identique	Cela concerne la région où l'arc est initié.
3	Volume net du compartiment	≥	
4	Pression assignée du gaz isolant, le cas échéant; voir NOTE 1.	≤	
5	Section transversale des conducteurs	≥	Cela concerne la région où l'arc est initié.
6	Matière première des conducteurs (aluminium (Al) ou cuivre (Cu), ou leurs alliages)	Identique	Cela concerne la région où l'arc est initié.
7	Emplacement du point d'initiation d'arc	Identique	Application des règles de l'IEC 62271-200 ou de l'IEC 62271-201
8	Matériau isolant exposé à l'arc	Identique	Voir NOTE 2
9	Section transversale d'échappement	≥	La position de l'échappement dans le compartiment et le chemin d'écoulement du gaz sont identiques. Des sections transversales plus grandes sont acceptables uniquement si un conduit d'échappement est utilisé
10	Pression d'ouverture d'échappement	≤	Applicable aux compartiments étanches aux fluides
11	Résistance mécanique des éléments pour l'ouverture du dispositif limiteur (volet)	≤	Applicable aux compartiments non étanches Le dispositif limiteur et ses éléments associés présentent la même conception.
12	Résistance mécanique de l'enveloppe et du compartiment	≥	Ceci inclut également la résistance des cloisons et des traversées Voir NOTE 3

Elément	Paramètre de conception	Critère d'acceptation	Condition
(1)	(2)	(3)	(4)
13	Epaisseur des parois de l'enveloppe	≥	Même matériau Voir NOTE 3
14	Résistance mécanique des portes et des capots	≥	Voir NOTE 3
15	Degré de protection (code IP) de l'enveloppe	≥	Le cas échéant pour le critère d'allumage des indicateurs

NOTE 1 Pour un appareillage isolé au SF₆, l'essai est réalisé avec de l'air (voir l'IEC 62271-200:2011, 6.106.3 ou l'IEC 62271-201:2014, 6.105.3) à la même pression de remplissage assignée que pour le SF₆.

NOTE 2 Pour plus d'informations, voir le premier alinéa de 6.106.3 de l'IEC 62271-200:2011 et le 6.105.3 de l'IEC 62271-201:2014.

NOTE 3 Une évaluation de la résistance peut exiger des calculs ou une analyse des contraintes par éléments finis. Il convient que l'évaluation tienne compte de l'emplacement, de la résistance et du nombre de tous les points de fixation (boulons, charnières et verrous).

4.6.3 Critères d'extension en relation avec les caractéristiques assignées et les conditions d'installation

Les instructions d'installation fournies par le fabricant sont la base de la sélection des conditions d'essai pendant l'essai en laboratoire tel que défini par l'IEC 62271-200:2011 ou l'IEC 62271-201:2014 en Annexe AA. Ces conditions d'essai comprennent le positionnement de l'appareillage dans le local simulé, la détermination de la hauteur de plafond et l'emplacement des côtés accessibles et non accessibles. Il peut être admis d'accepter une modification des instructions d'installation au moyen d'une évaluation plus poussée des conditions d'installation d'un essai de type réalisé précédemment. Dans ce but, des règles supplémentaires peuvent être envisagées pour étendre la validité d'un essai d'arc interne réalisé sur un ensemble d'appareillage suivant les instructions d'installation spécifiées à une installation différente du même ensemble dans des conditions identiques ou moins rigoureuses. Les détails sur les caractéristiques assignées, les conditions d'installation et les critères d'extension de l'essai sont donnés au Tableau 8. La plupart des informations données par le Tableau 8 se trouvent dans l'IEC 62271-200 ou l'IEC 62271-201. Le tableau vise à récapituler toutes les informations pertinentes pour une utilisation simple.

Tableau 8 – Critères d'extension pour la classification du défaut d'arc interne en fonction des conditions d'installation

Elément	Caractéristiques IAC assignées et conditions d'installation	Critère d'extension	Condition (Référence à l'IEC 62271-200:2011 ou à l'IEC 62271-201:2014)
(1)	(2)	(3)	(4)
1	Courant assigné de défaut d'arc	≤	AA.4.1
2	Durée assignée de défaut d'arc	≤	AA.4.1
3	Tension assignée	≤	AA.4.1; voir NOTE 1 ci-dessous
4	Fréquence	Les essais de type réalisés à 50 Hz ou 60 Hz peuvent prouver les deux fréquences	AA.4.4 et AA.4.3.2 pour le courant de crête
5	Distance entre l'ensemble et le plafond	≥	AA.1 et, si l'essai est réalisé avec une distance d'isolement d'au moins 200 mm; voir NOTE 2 ci-dessous
6	Distance entre l'ensemble et la paroi latérale	≥	AA.1, si les gaz chauds ne sont pas dirigés vers les parois
7	Distance entre l'ensemble et la paroi arrière	En fonction de l'accessibilité	Les critères de validation sont spécifiés au AA.1
8	Intérieur/extérieur	L'essai de type réalisé pour une application en intérieur couvre une application en extérieur avec la même accessibilité	AA.1.2
9	Type d'accessibilité (A, B ou C)	L'essai de type réalisé pour l'accessibilité de type B couvre l'accessibilité de type A	
10	Côtés accessibles (face avant (F, Front), latéralement (L, Lateral), derrière (R, Rear))	La classification Front, Lateral, Rear (FLR, face avant, latéralement, derrière) couvre les classifications face avant (F, Front), face avant et derrière (FR, Front Rear), face avant et latéralement (FL, Front Lateral) (et théoriquement latéralement et derrière (LR, Lateral Rear), L, R)	Applicable à l'accessibilité de type A et B, si les distances à toutes les parois sont respectivement supérieures à 300 mm et 100 mm.

NOTE 1 Conformément à l'IEC 62271-200:2011 ou à l'IEC 62271-201:2014, AA.4.2, la tension d'essai peut être toute tension inférieure ou égale à la tension assignée. Le paragraphe AA.4.3 spécifie les conditions réelles du courant d'essai à satisfaire afin d'accepter un essai réalisé à une tension inférieure à la tension assignée.

NOTE 2 Le critère ne s'applique pas en cas de conduit d'échappement qui transporte les gaz chauds à l'extérieur de la pièce. Dans ce cas, la distance entre l'échantillon soumis à l'essai et le plafond n'est pas pertinente; seule la distance entre le conduit d'échappement et le plafond doit être considérée.

5 Extension de la validité des essais de type

5.1 Généralités

Les lignes directrices pour l'extension de la validité des essais de type peuvent être appliquées aux situations suivantes, sans s'y limiter:

- lorsque la validité d'un essai de type réalisé sur un objet soumis à l'essai pour une caractéristique d'une unité fonctionnelle (FU, Functional unit) est étendue à d'autres unités fonctionnelles dans la famille d'appareillages (Figure 1);

- b) lorsque pour une famille d'appareillages, les objets soumis à l'essai sont sélectionnés pour chaque caractéristique, dont les résultats valident la famille complète avec un nombre minimum d'objets soumis à l'essai et d'essais de type (Figure 2);
- c) lorsque pour un ensemble non soumis à l'essai, une analyse est réalisée au moyen de rapports d'essai de type disponibles pour la même famille d'appareillages pour déterminer si les résultats des essais valident l'ensemble en relation avec les caractéristiques spécifiées (Figure 3);
- d) lorsque la validité de l'essai de type d'un ensemble précédemment soumis à un essai de type est étendue à une modification de conception.

5.2 Extension de validité d'un rapport d'essai à d'autres unités fonctionnelles (situation a)

La Figure 1 représente comment la validité d'un rapport d'essai de type donné peut être étendue au moyen des étapes suivantes:

- étape 1: examiner le rapport en relation avec la description de l'objet soumis à l'essai (unité fonctionnelle ou combinaison de plusieurs unités fonctionnelles) et collecter des informations supplémentaires (p. ex. des dessins référencés);
- étape 2: comparer les paramètres de conception pertinents de l'objet soumis à l'essai avec les critères d'extension proposés à l'Article 4 applicables à l'essai de type concerné (p. ex. la distance d'isolement entre phases pour l'essai de tenue de tension à fréquence industrielle) à l'aide d'arguments techniques, de calculs ou de simulations;
- étape 3: vérifier les diverses unités fonctionnelles de la famille ou la combinaison d'unités fonctionnelles pour déterminer lesquelles partagent le même paramètre de conception, ou ont un paramètre de conception pouvant être considéré comme traité par l'objet soumis à l'essai (p. ex. distance d'isolement entre phases égale ou supérieure à celle de l'objet soumis à l'essai). Il convient que la vérification révèle également des paramètres de conception contradictoires, qui peuvent restreindre l'extension de la validité des résultats d'essai pour d'autres caractéristiques.

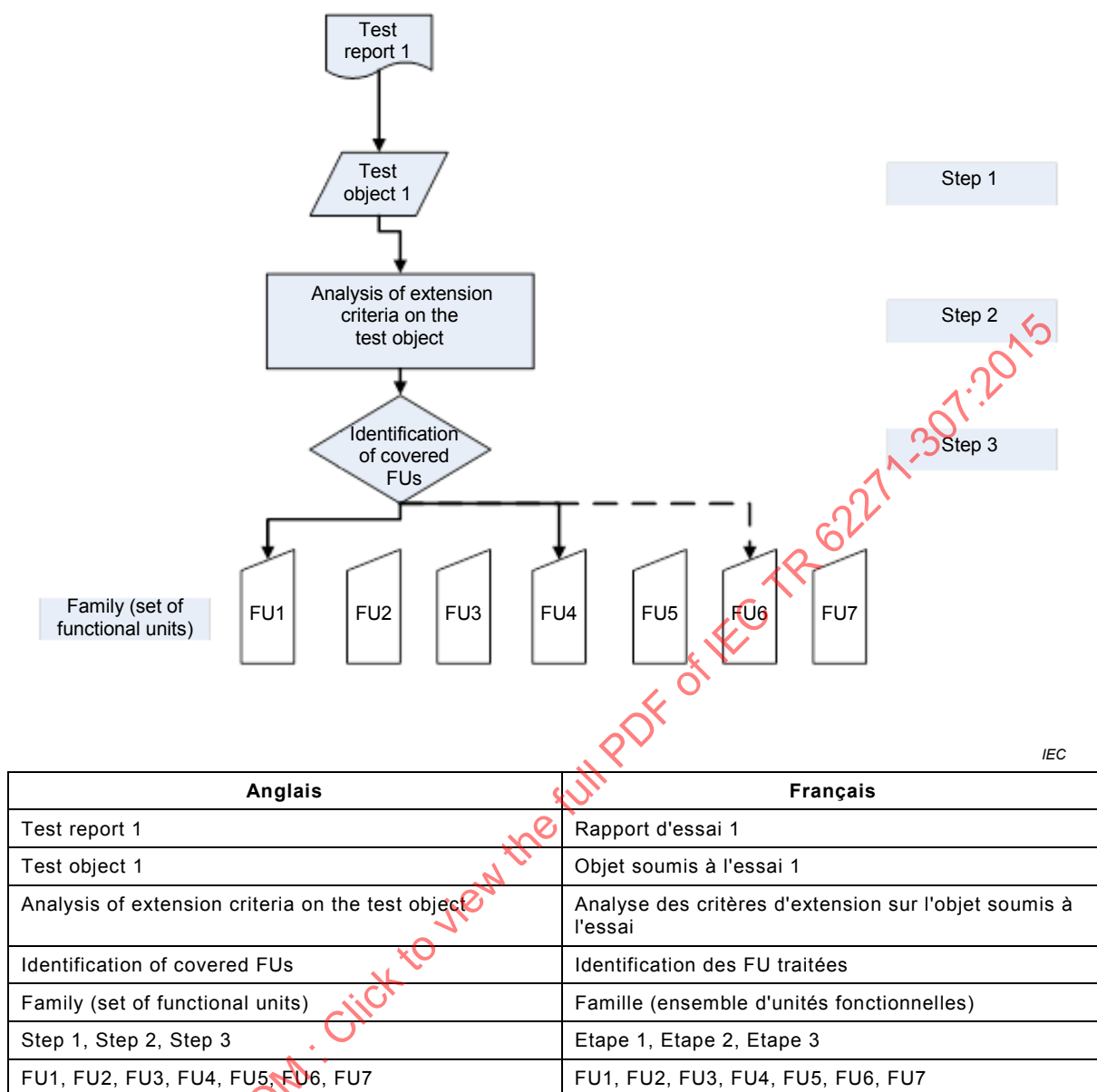


Figure 1 – Extension de validité d'un rapport d'essai; situation a)

Si une unité fonctionnelle ou une combinaison d'unités fonctionnelles peut être vérifiée positivement par rapport aux critères proposés, aucun essai supplémentaire n'est requis et le rapport d'essai disponible est acceptable pour cette unité fonctionnelle.

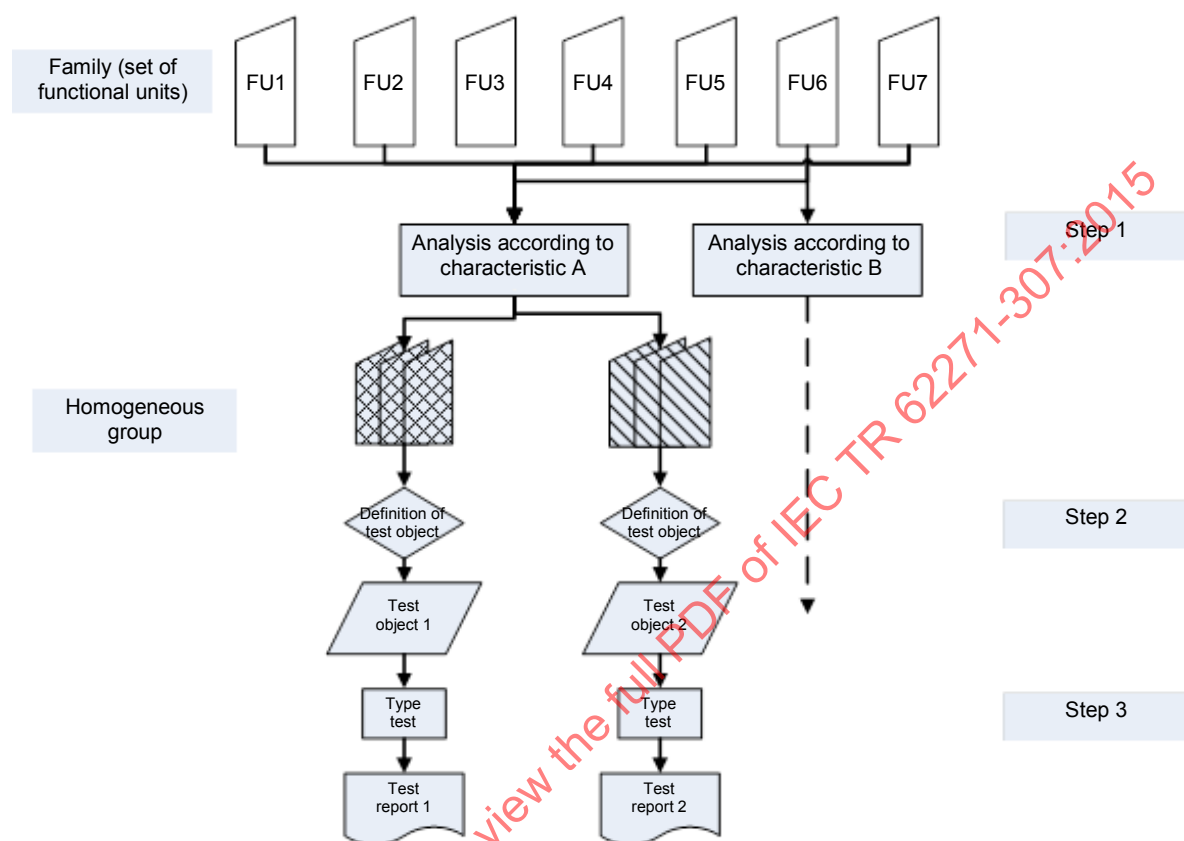
5.3 Validation d'une famille par sélection des objets soumis à l'essai (situation b)

5.3.1 Généralités

La Figure 2 représente la façon dont les objets soumis à l'essai peuvent être sélectionnés de manière que le nombre total d'essais soit minimisé pour la validation de la famille entière. Il convient de réaliser les étapes illustrées pour chaque caractéristique de la famille d'appareillage.

- étape 1: pour une caractéristique donnée (p. ex. tenue diélectrique), étudier les paramètres de conception associés (p. ex. la distance d'isolement entre phases) proposés aux Tableaux 2 à 7 et identifier les éléments de la famille qui forment un groupe homogène (voir la définition en 2.109) à l'aide d'arguments techniques, de calculs ou de simulations;

- étape 2: dans chaque groupe homogène, sélectionner un objet soumis à l'essai dont les caractéristiques associées couvrent le groupe entier (c'est-à-dire que les résultats d'essai obtenus sur cet objet soumis à l'essai permettent l'extension de validité au groupe entier);
- étape 3: réaliser les essais de type.



IEC

Anglais	Français
Family (set of functional units)	Famille (ensemble d'unités fonctionnelles)
FU1, FU2, FU3, FU4, FU5, FU6, FU7	FU1, FU2, FU3, FU4, FU5, FU6, FU7
Homogeneous groups	Groupes homogènes
Analysis according to characteristic A	Analyse selon la caractéristique A
Analysis according to characteristic B	Analyse selon la caractéristique B
Step 1, Step 2, Step 3	Etape 1, Etape 2, Etape 3
Definition of test object	Définition de l'objet soumis à l'essai
Test object 1	Objet soumis à l'essai 1
Test object 2	Objet soumis à l'essai 2
Type test	Essai de type
Test Report 1	Rapport d'essai 1
Test Report 2	Rapport d'essai 2

Figure 2 – Validation d'une famille par sélection des objets soumis à l'essai appropriés; situation b)

5.3.2 Cartographie de la famille

En tenant compte de l'essai de type à réaliser et des critères d'acceptation associés des paramètres de conception proposés dans les articles pertinents, il convient de préparer

l'étape 1 de la situation b) par une cartographie de la famille de l'appareillage. Cette analyse comprend:

- identification de la variation des paramètres de conception dans la famille d'appareillage pour chaque caractéristique;
- identification de groupes homogènes satisfaisant aux critères d'acceptation des paramètres de conception pour un ou plusieurs essais de type.

Cette cartographie diffère de l'essai de type à l'étude car les paramètres pertinents et les critères pour une extension possible de la validité des résultats sont différents. Il convient donc de préparer l'analyse pour chaque type d'essai.

Etant donné qu'une famille d'appareillage présente de nombreuses dimensions en relation avec les paramètres de conception énumérés pour les essais de type étudiés, la représentation du résultat de l'analyse est complexe. Plusieurs tableaux tels que ceux donnés dans le présent Rapport technique peuvent être établis, ou des feuilles de calcul multicolonnées pour les différents essais de type peuvent être créées. Il est recommandé d'inclure des explications, pour des raisons de traçabilité et d'utilisation future.

5.3.3 Spécification des objets soumis à l'essai

Sur la base de cette cartographie, le ou les objets soumis à l'essai peuvent être choisis de manière à ce que la validité des résultats d'un essai de type puisse être étendue à d'autres unités fonctionnelles de la famille. Le plus souvent, il n'est pas possible de spécifier un seul objet soumis à l'essai (une unité fonctionnelle dans la famille) qui combine toutes les conditions les plus rigoureuses, permettant de valider la famille entière. Plusieurs objets soumis à l'essai sont habituellement nécessaires.

Il existe quelques astuces:

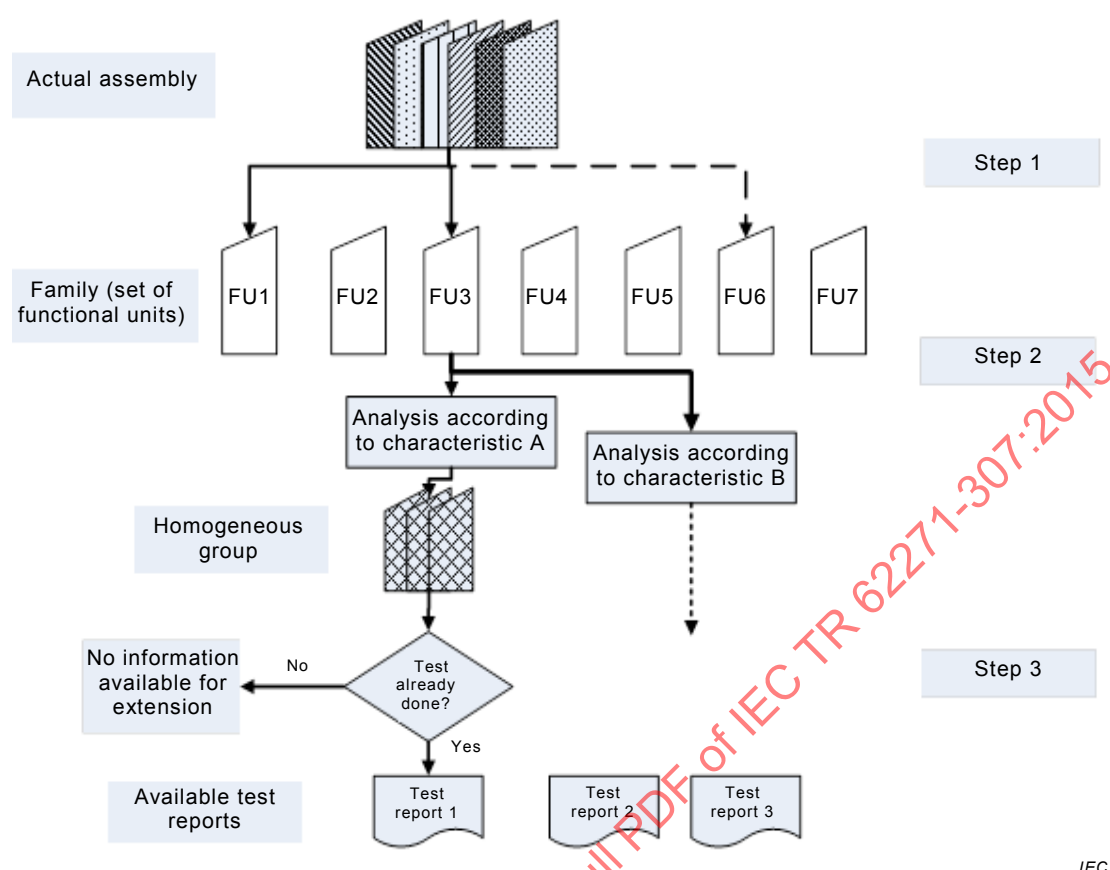
- les groupes homogènes partageant des caractéristiques techniques sont souvent couverts par la valeur la plus faible ou la plus élevée des paramètres de conception ou par une caractéristique assignée la plus élevée;
- l'extension de validité est plus simple à établir au moyen de données numériques, c'est-à-dire de paramètres de conception (caractéristiques assignées, sections transversales, distances d'isolement...);
- l'identification de groupes homogènes peut nécessiter la réalisation d'une analyse par des ingénieurs qualifiés;
- il convient d'examiner tous les critères d'extension énumérés dans les tableaux pour les essais de type étudiés.

5.4 Validation d'un ensemble par des rapports d'essai existants (situation c)

La Figure 3 représente comment la validité des rapports d'essai de type peut être vérifiée pour un ensemble donné, sur la base d'une famille d'appareillage:

- étape 1: identifier les différentes unités fonctionnelles utilisées dans l'ensemble;
- étape 2: pour chaque unité fonctionnelle et chaque caractéristique, identifier le groupe homogène auquel elle appartient (les unités fonctionnelles de la même famille à partir desquelles la validité des résultats d'essais peut être étendue) à l'aide des paramètres de conception donnés aux Tableaux 2 à 7, d'arguments techniques, de calculs ou de simulations;
- étape 3: vérifier les rapports d'essai disponibles et intégrer le rapport d'essai, le cas échéant, à la documentation de soutien de l'évaluation.

Lorsqu'aucun rapport d'essai approprié n'est disponible, l'extension de validité n'est pas possible.



IEC

Anglais	Français
Actual assembly	Ensemble réel
Family (set of functional units)	Famille (ensemble d'unités fonctionnelles)
FU1, FU2, FU3, FU4, FU5, FU6, FU7	FU1, FU2, FU3, FU4, FU5, FU6, FU7
Homogeneous group	Groupe homogène
Analysis according to characteristic A	Analyse selon la caractéristique A
Analysis according to characteristic B	Analyse selon la caractéristique B
Step 1, Step 2, Step 3	Etape 1, Etape 2, Etape 3
No information available for extension	Aucune information disponible pour l'extension
No	Non
Test already done?	Essai déjà réalisé?
Yes	Oui
Available test reports	Rapports d'essai disponibles
Test Report 1	Rapport d'essai 1
Test Report 2	Rapport d'essai 2
Test Report 3	Rapport d'essai 3

Figure 3 – Validation d'un ensemble réel au moyen de rapports d'essai existants; situation c)

5.5 Validation d'une modification de conception (situation d)

La situation d) peut être évaluée de la même manière que la situation c) en commençant par l'unité fonctionnelle modifiée, p. ex. FU3 à l'étape 2 dans la Figure 3.

Annexe A **(informative)**

Justification des critères d'extension

A.1 Généralités

La définition d'un critère d'acceptation pour chacun des paramètres de conception énumérés aux Tableaux 2 à 7 repose sur des principes techniques et physiques éprouvés et sur l'expérience du fabricant et de l'utilisateur. Il convient de réaliser l'évaluation des critères à partir d'une vision générale supposant que le fabricant a conçu l'appareillage conformément aux mêmes principes techniques et physiques que ceux sur lesquels sont basés les critères. En cas de doutes concernant les critères d'acceptation, des preuves supplémentaires sont nécessaires à l'extension de validité, comme par exemple des calculs. Ces principes techniques et physiques, qui entraînent la sélection de critères d'extension, c'est-à-dire de paramètres de conception et des critères d'acceptation correspondants des Tableaux 2 à 7, sont décrits ci-dessous.

A.2 Essais diélectriques

A.2.1 Généralités

Il convient de prendre en compte les paramètres de conception tels que la distance d'isolement entre phases et la distance d'isolement à la terre, ainsi que les critères d'acceptation correspondants, pour évaluer l'extension de validité des essais de tenue diélectrique. Les principes sous-jacents à chacun des critères d'extension (éléments) énumérés au Tableau 2 sont donnés ci-dessous.

A.2.2 Distances d'isolement (éléments 1 et 2)

Les distances d'isolement entre phases et les distances à la terre sont directement liées à la tenue diélectrique. Des distances d'isolement supérieures augmentent la capacité de tenue diélectrique par rapport à l'appareillage soumis à l'essai de type, lorsque tous les autres paramètres de conception énumérés au Tableau 2 sont inchangés ou améliorés en relation avec les propriétés diélectriques.

Les distances d'isolement entre phases et à la terre sont inférieures pour les appareillages possédant un plus grand nombre de conducteurs parallèles par phase pour traiter un courant assigné plus élevé. Même si les conducteurs sont agencés de la même manière (c'est-à-dire en alignement vertical, horizontal ou en trèfle), la tenue diélectrique est réduite par rapport à l'appareillage soumis à l'essai de type. Pour un petit nombre de conducteurs parallèles, c'est l'inverse qui est vrai et qui peut être utilisé pour l'extension de validité des essais de type diélectriques. Si l'agencement des conducteurs est très différent, même avec des distances d'isolement égales ou supérieures, la tenue diélectrique par rapport à l'appareillage soumis à l'essai de type ne peut être démontrée sans analyse technique supplémentaire.

L'installation d'équipements de mise à la terre ou de points d'essai supplémentaires peut réduire la distance d'isolement à la terre, et donc réduire la tenue diélectrique par rapport à l'appareillage soumis à l'essai de type.

A.2.3 Supports et matériau isolants (éléments 3 et 4)

Une ligne de fuite plus élevée pour des supports isolants dont le matériau présente les mêmes propriétés diélectriques augmente la tenue diélectrique par rapport à l'appareillage soumis à l'essai de type. La capacité de tenue diélectrique peut toutefois être influencée par la distribution du champ le long de la surface d'isolement. Il convient par conséquent de ne pas modifier la distribution de façon trop importante, par exemple en plaçant des parties sur

le potentiel flottant ou en introduisant des composants supplémentaires, tels qu'un diviseur de tension.

Il convient que les propriétés électriques du matériau isolant soient égales ou supérieures à celles de l'appareillage soumis à l'essai de type. Si ces propriétés ne peuvent être déterminées à partir de spécifications disponibles, un essai des propriétés peut être nécessaire, comme signalé par la condition de l'élément 4.

L'impact des barrières isolantes et des isolations supplémentaires sur la tension de tenue est difficile à évaluer. Les modifications dans la conception de ces parties isolantes invalident normalement l'essai de type diélectrique, sauf s'il peut être démontré que la modification de la conception est non significative.

A.2.4 Parties sous tension (éléments 5 et 6)

Les parties sous tension présentant une rugosité de surface inférieure entraînent une distribution plus uniforme du champ électrique, évitent une intensité de champ électrique locale plus élevée et augmentent donc la tenue diélectrique.

Les conducteurs de plus grand rayon, comprenant des coudes et des angles sur le trajet, entraînent une contrainte de champ électrique locale inférieure, et augmentent donc également la tenue diélectrique. Ce critère d'extension s'applique également à d'autres parties conductrices à haut potentiel et même aux parties mises à la terre. L'influence des parties mises à la terre doit être évaluée lorsqu'elles sont opposées aux parties sous tension et qu'elles peuvent influencer la tenue diélectrique.

A.2.5 Intervalle de contact ouvert et distance d'isolement (éléments 7 et 8)

Si l'intervalle de contact ouvert d'un appareil de connexion ou la distance d'isolement est déterminé par la conception de l'ensemble, alors un intervalle plus grand augmente la tenue diélectrique par rapport à l'appareillage soumis à l'essai de type. Ceci s'applique par exemple à un sectionneur de mise à la terre ou un interrupteur-sectionneur avec des supports séparés pour les contacts fixes et mobiles.

Si l'intervalle de contact est intégré dans un composant de commutation, l'influence de l'ensemble sur la tenue diélectrique peut être mineure, toutefois il convient d'en tenir compte. L'influence peut provenir de la proximité de l'enveloppe ou de la cloison mise à la terre, par exemple.

A.2.6 Pression fonctionnelle minimale pour l'isolation (élément 9)

La pression ou la densité correspondante d'un gaz utilisé pour l'isolation a une influence directe sur la tenue diélectrique, qui est soumise à l'essai à la pression fonctionnelle minimale pour l'isolation définie par le fabricant. Une pression ou une densité plus élevée augmente la performance de tenue diélectrique par rapport à l'appareillage soumis à l'essai de type. Les différents gaz présentant des propriétés diélectriques différentes, ce critère d'extension ne peut s'appliquer qu'au même gaz.

A.3 Essais d'échauffement

A.3.1 Généralités

Le courant assigné normal de l'appareillage dépend des parties qui subissent l'échauffement le plus élevé pendant la circulation du courant dans les circuits principaux. Ces parties peuvent comprendre des contacts d'appareils de connexion, des connexions boulonnées (ou équivalentes) de conducteurs, des bornes et des parties accessibles de l'appareillage, par exemple les enveloppes.

L'échauffement de ces parties peut être influencé par de nombreux paramètres de conception tels que la distance centrale entre les conducteurs, le type de matériau des conducteurs, la pression de contact, la taille et le volume de l'enveloppe, la surface des ouvertures de ventilation et la dissipation de puissance des composants et/ou des dispositifs.

Les principes généraux sous-jacents aux critères d'extension (éléments) qui influencent l'échauffement de l'appareillage, et les critères d'acceptation correspondants énumérés au Tableau 3, sont détaillés ci-dessous.

A.3.2 Distance centrale entre conducteurs de phase (élément 1)

Dans un circuit triphasé, le champ magnétique alternatif généré par le courant dans un conducteur entraîne des courants de Foucault dans ce conducteur et les conducteurs adjacents, lesquels modifient la distribution générale du courant dans tous les conducteurs. Par exemple, la densité de courant est supérieure dans une zone du conducteur la plus éloignée du conducteur adjacent lorsque le courant circule dans la même direction. Ceci est appelé l'effet de proximité et peut augmenter les pertes et produire des températures plus élevées à l'intérieur de l'appareillage. La distance centrale entre les conducteurs de phase, mesurée depuis les centres géométriques des conducteurs, est donc importante pour la validation des critères d'échauffement. Ces distances peuvent être affectées par l'agencement des conducteurs à l'intérieur du compartiment.

Un appareillage dont les conducteurs sont disposés de la même manière, c'est-à-dire en alignement vertical, horizontal ou en trèfle, comptant le même nombre de conducteurs par phase et des distances centrales entre phases supérieures, peut être considéré comme produisant moins de pertes et donc contribuant à un échauffement moindre de l'appareillage. Si l'agencement des conducteurs diffère significativement de l'ensemble déjà soumis à l'essai, alors des distances centrales plus grandes ne peuvent assurer des pertes et un échauffement moins importants. Dans ce cas, une analyse technique supplémentaire peut être nécessaire.

Il est à noter que le paragraphe 6.5.2 de l'IEC 62271-1:2007 autorise les essais jusqu'à 1 250 A avec une source monophasée et tous les pôles connectés en série, ce qui indique que l'influence mutuelle des autres pôles ne compte pas dans ce cas.

A.3.3 Distance phase-terre (élément 2)

Les courants de Foucault peuvent être induits dans des parties métalliques non conductrices de l'appareillage. En raison de la plus faible conductivité de l'acier et de la faible épaisseur des parois, cet effet est normalement négligeable pour les enveloppes. Toutefois, les champs magnétiques alternatifs créent des pertes dans les enveloppes en acier ferromagnétique perpendiculaires au chemin du courant, en raison de l'inversion des domaines magnétiques dans le matériau. Ceci peut conduire à des pertes supplémentaires de chaleur qui entraînent un plus grand échauffement. La distance phase-terre concernée n'est pas une distance d'isolement ni une distance centrale, mais une distance déterminée par les effets décrits ci-dessus.

Lorsque ces effets chauffants ne peuvent pas être exclus, la distance phase-terre doit être évaluée. Un appareillage présentant une distance phase-terre égale ou supérieure peut donc être considéré comme produisant des pertes de chaleur inférieures ou égales. Si l'agencement des conducteurs à proximité des parties mises à la terre de l'appareillage diffère significativement, alors l'échauffement moins important ne peut pas être garanti.

A.3.4 Volume de l'enveloppe et du compartiment (élément 3)

L'échauffement dans le compartiment d'un appareillage est directement influencé par la capacité de l'enveloppe à dissiper la chaleur par conduction et/ou convection et rayonnement dans l'environnement ambiant. Cet effet dépend de la surface de l'enveloppe de l'appareillage (et donc de son volume) et du type de matériau utilisé. Pour les mêmes pertes, un appareillage dont les parois de l'enveloppe présentent une plus grande surface dissipe plus de chaleur et l'échauffement dans les parties internes est donc moindre. De même, un

matériau présentant une résistance thermique inférieure dissipe plus de chaleur. L'utilisation d'acier ferromagnétique pour l'enveloppe peut éviter la production de chaleur en éliminant l'effet de courant magnétique.

Le comportement de convection du gaz dans le compartiment de l'appareillage peut, en principe, être affecté par le volume et la surface du compartiment. Cet effet est difficile à évaluer et peut dans certains cas influencer la dissipation thermique. L'IEC TR 60890 [1] contient des références supplémentaires permettant de comprendre les effets des dimensions de l'enveloppe/du compartiment sur l'échauffement.

A.3.5 Gaz isolant (élément 4)

La pression ou la densité correspondante du gaz isolant dans un compartiment à haute tension a une influence directe sur la capacité à dissiper la chaleur des conducteurs transportant le courant vers l'enveloppe puis dans l'environnement ambiant. Une augmentation de la pression fonctionnelle minimale ou de la densité augmente la capacité de transfert thermique du gaz, ce qui entraîne une réduction de l'échauffement dans les parties internes de l'appareillage. Les différents gaz présentant des propriétés thermiques différentes, ce critère d'extension ne peut s'appliquer qu'au même gaz.

A.3.6 Conducteurs (éléments 5 et 6)

La circulation du courant à travers les conducteurs du circuit principal produit des pertes (I^2R) qui dépendent de l'amplitude du courant, I , et de la résistance du conducteur, R . Les pertes I^2R du circuit principal contribuent pour la partie la plus importante des pertes totales à l'intérieur de l'appareillage. Une augmentation de la section transversale d'un conducteur, si l'amplitude du courant est maintenue, diminue la densité de courant et donc les pertes du conducteur, en supposant que le type de matériau pour le conducteur est identique. Cet effet diminue l'échauffement des composants internes.

Pour un agencement de conducteurs donné dans un appareillage, l'évacuation de la chaleur des points chauds est améliorée et la température de ces points chauds est réduite pour un système de conducteur présentant une résistance électrique et thermique inférieure par unité de longueur du conducteur.

A.3.7 Joints et connexions de conducteur (éléments 7, 8 et 9)

Les joints et les connexions contribuent aux pertes et donc à l'échauffement, en raison des pertes I^2R résultant de la circulation du courant dans la résistance du joint ou de la connexion. La résistance au niveau des joints et des connexions, également appelée résistance de contact, dépend du matériau et du type du revêtement métallique, de la pression de contact (ou force) et de la surface de contact. En supposant un même type de matériau de contact (soit un matériau conducteur pour les surfaces non revêtues, soit un matériau de revêtement pour les surfaces revêtues), une augmentation de la pression de contact et/ou de la surface de contact réduit la résistance dans le joint ou la connexion, ce qui entraîne moins de pertes et une réduction de l'échauffement à l'endroit concerné.

Bien que la résistivité du matériau de revêtement ait une influence limitée sur la résistance générale du fait de sa faible épaisseur, la température maximale autorisée du revêtement telle que définie dans l'IEC 62271-1 a un impact. L'extension ne peut avoir lieu qu'à partir du matériau dont la température maximale autorisée est plus faible vers un matériau d'une valeur assignée supérieure pour la température maximale autorisée.

L'IEC TR 60943 [8] contient des références supplémentaires permettant de comprendre l'impact que peuvent avoir les résistances de contact sur l'échauffement et de trouver des informations sur les résistances de contact pour les connexions et les joints utilisant des matériaux et des revêtements métalliques identiques ou différents. Le cuivre est considéré comme un « meilleur » matériau de contact que l'aluminium en présence d'oxygène, par exemple, du fait de la faible conductivité de l'oxyde d'aluminium qui se forme si aucune mesure n'est prise.

A.3.8 Surface de ventilation des cloisons et de l'enveloppe (élément 10)

Pour permettre une dissipation efficace de la chaleur par convection de l'air, certaines conceptions d'appareillages comprennent des ouvertures de ventilation dans les compartiments et/ou dans l'enveloppe. Pour un appareillage ayant de plus grandes ouvertures de ventilation, pour les flux d'air entrant et sortant, la dissipation thermique nette est plus importante et donc, l'échauffement des composantes internes est réduit.

La position des ouvertures de ventilation est également importante. Des modifications significatives de l'emplacement de ces ouvertures dans un compartiment ou une enveloppe peuvent entraver la circulation de l'air à travers l'appareillage et réduire la dissipation thermique nette.

La modification du degré de protection (code IP) d'un treillis ou d'une grille qui recouvre les ouvertures de ventilation peut également avoir un impact sur la dissipation thermique. Un degré de protection plus élevé peut entraîner une réduction de la surface effective de l'ouverture de ventilation et réduire la circulation de l'air dans l'appareillage.

L'IEC TR 60890 [1] contient des références supplémentaires permettant de comprendre les effets des dimensions de l'enveloppe/du compartiment sur l'échauffement.

A.3.9 Pertes des composants (élément 11)

L'intégration de composants tels que des appareils de connexion, des fusibles et des transformateurs de courant peut contribuer de manière significative à l'échauffement dans l'appareillage. Ces composants présentent une résistance finie et génèrent des pertes I^2R provoquées par la circulation du courant à l'intérieur de ces derniers. Les composants d'appareillage présentant une dissipation thermique I^2R inférieure plus faibles produisent un échauffement général moins important, en particulier dans les parties critiques de ces composants.

Les pertes des enroulements primaires et secondaires des transformateurs de courant dépendent des courants primaire et secondaire(s). Il convient par conséquent de les prendre tous en compte. Le rapport d'essais de routine des transformateurs de courant peut donner la résistance de ou des enroulements secondaires à une température élevée.

A.3.10 Barrières isolantes (élément 12)

L'ajout de barrières isolantes entre les conducteurs de phase ou entre les conducteurs et les parois de l'enveloppe est susceptible d'augmenter la tenue diélectrique de l'appareillage. Toutefois cela peut également entraver la circulation de l'air dans l'appareillage et réduire le transfert thermique vers l'enveloppe. Ceci peut avoir un impact négatif sur la dissipation thermique et donc augmenter la température à l'intérieur de l'appareillage. Par conséquent, l'ajout de ces barrières exige normalement de répéter l'essai de type d'échauffement.

La surface des barrières isolantes est importante car une augmentation de la surface tend à restreindre le flux d'air, tandis qu'une réduction de la surface produit l'effet opposé. L'effet est moins important pour les barrières verticales mais peut avoir un fort impact avec les barrières horizontales.

A.3.11 Revêtements isolants des conducteurs et des enveloppes (éléments 13 et 14)

L'utilisation d'une isolation solide sur les conducteurs et/ou les enveloppes restreint la capacité à dissiper la chaleur dans le milieu environnant, en raison de sa résistance thermique. Par ailleurs, il peut être utile de supprimer la chaleur par rayonnement, selon la capacité de transfert thermique du matériau isolant et le coefficient d'émission de la surface externe.

De la peinture ou des revêtements spéciaux sur les conducteurs et l'enveloppe peuvent réduire l'échauffement en améliorant le transfert thermique vers l'enveloppe par rayonnement thermique. Il convient que la résistivité thermique et le coefficient d'émission du revêtement

soient les mêmes. La couleur de la peinture n'a pas d'effet significatif sur le rayonnement thermique, puisque le coefficient d'émission est principalement déterminé par les propriétés polymères de la peinture. A l'inverse, certains revêtements ou enrobages pouvant être conçus pour améliorer la performance de tenue diélectrique peuvent réduire le transfert thermique.

Pour un matériau spécifié, une réduction de l'épaisseur de ce matériau améliore normalement la capacité de transfert thermique et contribue à une réduction de l'échauffement des parties internes dans l'appareillage, par exemple les connexions des conducteurs. Il convient toutefois de noter que cette réduction de l'épaisseur du matériau isolant solide entraîne également une réduction de la tenue diélectrique du revêtement.

A.3.12 Matériau isolant en contact avec les conducteurs (élément 15)

En cas de modification du matériau isolant des isolateurs de support, par exemple, il convient que la classe de température atteigne une valeur égale ou supérieure afin de ne pas risquer une dégradation du matériau dans les conditions de courant assigné normal.

A.4 Essais mécaniques

A.4.1 Généralités

Pour les essais mécaniques, les critères d'extension sont axés sur la comparaison des parties mécaniques en relation avec la résistance, la structure et les forces résultantes ou appliquées. Il convient d'accorder une attention particulière aux aspects relatifs à la sécurité, spécialement concernant les systèmes de verrouillage.

Des verrouillages entre différents composants de l'équipement peuvent être requis pour des raisons de sécurité de l'accès aux interfaces d'actionnement et de l'insertion ou du retrait de parties amovibles.

Les parties mécaniques à comparer sont les suivantes:

- systèmes de volets,
- contacts des parties amovibles,
- verrouillages et chaînes cinématiques.

Conformément au 6.102.2 de l'IEC 62271-200:2011 ou à l'IEC 62271-201:2014, les verrouillages sont considérés comme satisfaisants, si:

- les appareils de connexion ne peuvent pas être actionnés,
- l'accès aux compartiments verrouillés est empêché,
- l'insertion et le retrait des parties amovibles sont empêchés,
- les appareils de connexion, les parties amovibles et les verrouillages fonctionnent, et l'effort permettant de les actionner, avant et après les essais, ne diffère pas des forces d'actionnement manuelles maximales (fonctionnement manuel) ou de la consommation d'énergie de crête (fonctionnement motorisé) de plus de 50 %.

Outre la vérification du bon fonctionnement des verrouillages par un essai de type, la norme exige la preuve du fonctionnement et de la capacité d'utilisation même après un essai d'endurance.

Les principes généraux sous-jacents à chacun des critères d'extension (éléments) énumérés au Tableau 4 sont détaillés ci-dessous.