

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Common specifications for high-voltage switchgear and controlgear standards

Spécifications communes aux normes de l'appareillage à haute tension



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2002 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, no part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester.

If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de la CEI ou du Comité national de la CEI du pays du demandeur.

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

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

About the IEC

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

About IEC publications

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

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

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 It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.

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

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

- Electropedia: www.electropedia.org

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

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

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

Email: csc@iec.ch

Tel.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00

A propos de la CEI

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

A propos des publications CEI

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

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

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

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

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

- Electropedia: www.electropedia.org

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

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

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

Email: csc@iec.ch

Tél.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Common specifications for high-voltage switchgear and controlgear standards

Spécifications communes aux normes de l'appareillage à haute tension

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

CU

CONTENTS

FOREWORD	5
1 General	7
1.1 Scope	7
1.2 Normative references	7
2 Normal and special service conditions	12
2.1 Normal service conditions	13
2.2 Special service conditions	14
3 Definitions	15
3.1 General terms	15
3.2 Assemblies of switchgear and controlgear	17
3.3 Parts of assemblies	18
3.4 Switching devices	18
3.5 Parts of switchgear and controlgear	18
3.6 Operation	23
3.7 Characteristic quantities	26
3.8 Index of definitions	26
4 Ratings	28
4.1 Rated voltage (U_r)	28
4.2 Rated insulation level	29
4.3 Rated frequency (f_r)	33
4.4 Rated normal current and temperature rise	33
4.5 Rated short-time withstand current (I_k)	36
4.6 Rated peak withstand current (I_p)	36
4.7 Rated duration of short circuit (t_k)	36
4.8 Rated supply voltage of closing and opening devices and of auxiliary and control circuits (U_a)	36
4.9 Rated supply frequency of closing and opening devices and of auxiliary circuits	38
4.10 Rated pressure of compressed gas supply for insulation and/or operation	38
5 Design and construction	38
5.1 Requirements for liquids in switchgear and controlgear	38
5.2 Requirements for gases in switchgear and controlgear	39
5.3 Earthing of switchgear and controlgear	39
5.4 Auxiliary and control equipment	39
5.5 Dependent power operation	50
5.6 Stored energy operation	51
5.7 Independent manual operation	52
5.8 Operation of releases	52
5.9 Low- and high-pressure interlocking and monitoring devices	52
5.10 Nameplates	53
5.11 Interlocking devices	54
5.12 Position indication	54
5.13 Degrees of protection by enclosures	54
5.14 Creepage distances	56

5.15	Gas and vacuum tightness	56
5.16	Liquid tightness	57
5.17	Flammability	57
5.18	Electromagnetic compatibility (EMC)	58
6	Type tests	58
6.1	General	58
6.2	Dielectric tests	60
6.3	Radio interference voltage (r.i.v.) test	67
6.4	Measurement of the resistance of circuits	69
6.5	Temperature-rise tests	70
6.6	Short-time withstand current and peak withstand current tests	73
6.7	Verification of the protection	75
6.8	Tightness tests	76
6.9	Electromagnetic compatibility tests (EMC)	78
6.10	Additional tests on auxiliary and control circuits	82
7	Routine tests	86
7.1	Dielectric test on the main circuit	87
7.2	Tests on auxiliary and control circuits	87
7.3	Measurement of the resistance of the main circuit	88
7.4	Tightness test	88
7.5	Design and visual checks	89
8	Guide to the selection of switchgear and controlgear	89
9	Information to be given with enquiries, tenders and orders	89
10	Rules for transport, storage, installation, operation and maintenance	89
10.1	Conditions during transport, storage and installation	90
10.2	Installation	90
10.3	Operation	91
10.4	Maintenance	91
11	Safety	94
11.1	Electrical aspects	94
11.2	Mechanical aspects	94
11.3	Thermal aspects	94
11.4	Operation aspects	94
Annex A (normative)	Identification of test specimens	98
Annex B (normative)	Determination of the equivalent r.m.s. value of a short-time current during a short circuit of a given duration	100
Annex C (normative)	Method for the weatherproofing test for outdoor switchgear and controlgear	101
Annex D (informative)	Information about insulation levels and tests	104
Annex E (informative)	Tightness (information, example and guidance)	107
Annex F (informative)	Dielectric testing of self-protected switchgear and controlgear	109
Annex G (informative)	Bibliography	112
Annex H (informative)	Electromagnetic compatibility site measurements	113

Figure 1 – Altitude correction factor (see 2.2.1)	95
Figure 2 – Diagram of connections of a three-pole switching device (see 6.2.5.1)	96
Figure 3 – Diagram of a test circuit for the radio interference voltage test of switching devices (see 6.3)	97
Figure 4 – Examples of classes of contacts	44
Figure 5 – Example of secondary system in medium voltage cubicle	49
Figure 6 – Example of secondary system of air insulated circuit-breaker with single mechanism	49
Figure 7 – Example of secondary system of air insulated circuit-breaker with separate control cubicle	50
Figure 8 – Example of secondary system for GIS bay	50
Figure 9 – Example of choice of EMC severity class	58
Figure B.1 – Determination of short-time current	100
Figure C.1 – Arrangement for weatherproofing test	102
Figure C.2 – Nozzle for weatherproofing test	103
Figure E.1 – Example of a tightness coordination chart, TC, for closed pressure systems	107
Figure E.2 – Sensitivity and applicability of different leak detection methods for tightness tests	108
Figure F.1 – Examples of impulse voltage shapes with incorporated voltage-limiting devices	111
Table 1a – Rated insulation levels for rated voltages of range I, series I	30
Table 1b – Rated insulation levels for rated voltages of range I, series II (used in North America)	31
Table 2a – Rated insulation levels for rated voltages of range II	32
Table 2b – Additional rated insulation levels in North America for range II	33
Table 3 – Limits of temperature and temperature rise for various parts, materials and dielectrics of high-voltage switchgear and controlgear	34
Tables 4 and 5 (withdrawn)	
Table 6 – Degrees of protection	55
Table 7 – Application factors for creepage distances	56
Table 8 – Example of grouping of type tests	59
Table 9 – Test conditions in general case	63
Table 10 – Power-frequency test conditions for longitudinal insulation	63
Table 11 – Impulse test conditions for longitudinal insulation	64
Table 12 – Permissible temporary leakage rates for gas systems	76
Table 13 (withdrawn)	
Table 14 – Direct current voltage	37
Table 15 – Alternating current voltage	37
Table 16 – Auxiliary contacts classes	44
Table 17 – Application of voltage at the fast transient/burst test	80
Table 18 – Application of voltage at the damped oscillatory wave test	81
Table 19 – Assessment criteria for transient disturbance immunity tests	82

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**COMMON SPECIFICATIONS FOR HIGH-VOLTAGE
SWITCHGEAR AND CONTROLGEAR STANDARDS**

FOREWORD

- 1) The IEC (International Electrotechnical Commission) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of the 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, the IEC publishes International Standards. 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. The 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 the 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 National Committees.
- 3) The documents produced have the form of recommendations for international use and are published in the form of standards, technical specifications, technical reports or guides and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 4) In order to promote international unification, IEC National Committees undertake to apply IEC International Standards transparently to the maximum extent possible in their national and regional standards. Any divergence between the IEC Standard and the corresponding national or regional standard shall be clearly indicated in the latter.
- 5) The IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with one of its standards.
- 6) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this International Standard may be the subject of patent rights. The IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 60694 has been prepared by subcommittee 17A: High-voltage switchgear and controlgear, and subcommittee 17C: High-voltage enclosed switchgear and controlgear, of IEC technical committee 17: Switchgear and controlgear.

This consolidated version of IEC 60694 consists of the second edition (1996) [documents 17A/458/FDIS and 17A/479/RVD, its amendment 1 (2000) [documents 17A/579/FDIS and 17A/588/RVD], its corrigendum of January 2001, its amendment 2 (2001) [documents 17A/599/FDIS and 17A/609/RVD] and its corrigendum of December 2001.

The technical content is therefore identical to the base edition and its amendments and has been prepared for user convenience.

It bears the edition number 2.2.

A vertical line in the margin shows where the base publication has been modified by amendment 1, amendment 2 and the corrigenda.

Annexes A, B and C form an integral part of this standard.

Annexes D to H are for information only.

The following differences exist in some countries:

6.2.11 The required test voltage for disconnectors and switch-disconnectors of all rated voltages is 100 % of the tabulated voltage in columns 3 of tables 1a or 1b and 2a or 2b (Canada, France, Italy).

The committee has decided that the contents of the base publication and its amendments will remain unchanged until 2007. At this date, the publication will be

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60694:1996+AMD1:2000+AMD2:2001 CSV

Withdrawn

COMMON SPECIFICATIONS FOR HIGH-VOLTAGE SWITCHGEAR AND CONTROLGEAR STANDARDS

1 General

1.1 Scope

This International Standard applies to a.c. switchgear and controlgear, designed for indoor and outdoor installation and for operation at service frequencies up to and including 60 Hz on systems having voltages above 1 000 V.

This standard applies to all high-voltage switchgear and controlgear except as otherwise specified in the relevant IEC standards for the particular type of switchgear and controlgear.

1.2 Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this International Standard. At the time of publication, the editions indicated were valid. All normative documents are subject to revision, and parties to agreements based on this International Standard are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the normative documents indicated below. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 60034-1:1996, *Rotating electrical machines – Part 1: Rating and performance*

IEC 60038:1983, *IEC standard voltages*

IEC 60050(131):1978, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 131: Electric and magnetic circuits*

IEC 60050(151):1978, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 151: Electrical and magnetic devices*

IEC 60050(191):1990, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 191: Dependability and quality of service*

IEC 60050(301):1983, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 301: General terms on measurements in electricity*

IEC 60050-351:1998, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 351: Automatic control*

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

IEC 60050(446):1983, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 446: Electrical relays*

IEC 60050(581):1978, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 581: Electro-mechanical components for electronic equipment*

IEC 60050(604):1987, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 604: Generation, transmission and distribution of electricity – Operation*

IEC 60050(811):1991, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 811: Electric traction*

IEC 60050(826):1982, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 826: Electrical installations of buildings*

IEC 60051-2:1984, *Direct acting indicating analogue electrical measuring instruments and their accessories – Part 2: Special requirements for ammeters and voltmeters*

IEC 60051-4:1984, *Direct acting indicating analogue electrical measuring instruments and their accessories – Part 4: Special requirements for frequency meters*

IEC 60051-5:1985, *Direct acting indicating analogue electrical measuring instruments and their accessories – Part 5: Special requirements for phase meters, power factor meters and synchroscopes*

IEC 60056:1987, *High-voltage alternating-current circuit-breakers*

IEC 60059:1938, *IEC standard current ratings*

IEC 60060-1:1989, *High-voltage test techniques – Part 1: General definitions and test requirements*

IEC 60064:1993, *Tungsten filament lamps for domestic and similar general lighting purposes – Performance requirements*

IEC 60068-2 (all parts), *Environmental testing – Part 2: Tests*

IEC 60068-2-1:1990, *Environmental testing – Part 2: Tests. Tests A: Cold*

IEC 60068-2-2:1974, *Environmental testing – Part 2: Tests. Tests B: Dry heat*

IEC 60068-2-3:1969, *Environmental testing – Part 2: Tests. Test Ca: Damp heat, steady state*

IEC 60068-2-17:1994, *Environmental testing – Part 2: Tests – Test Q: Sealing*

IEC 60068-2-30:1980, *Environmental testing – Part 2: Tests. Test Db and guidance: Damp heat, cyclic (12 + 12-hour cycle)*

IEC 60068-2-63:1991, *Environmental testing – Part 2: Tests – Test Eg: Impact, spring hammer*

IEC 60071-1:1993, *Insulation co-ordination – Part 1: Definitions, principles and rules*

IEC 60071-2:1996, *Insulation co-ordination – Part 2: Application guide*

IEC 60073:1996, *Basic and safety principles for man-machine interface, marking and identification – Coding principles for indication devices and actuators*

IEC 60081:1997, *Double-capped fluorescent lamps – Performance specifications*

IEC 60083:1997, *Plugs and socket-outlets for domestic and similar general use standardized in member countries of IEC*

IEC 60085:1984, *Thermal evaluation and classification of electrical insulation*

IEC 60115-4:1982, *Fixed resistors for use in electronic equipment – Part 4: Sectional specification: Fixed power resistors*

IEC 60130 (all parts), *Connectors for frequencies below 3 MHz*

IEC 60227 (all parts), *Polyvinyl chloride insulated cables of rated voltages up to and including 450/750 V*

IEC 60228:1978, *Conductors of insulated cables*

IEC 60245 (all parts), *Rubber insulated cables – Rated voltages up to and including 450/750 V*

IEC 60255-5:1977, *Electrical relays – Part 5: Insulation tests for electrical relays*

IEC 60255-8:1990, *Electrical relays – Part 8: Thermal electrical relays*

IEC 60255-21-1:1988, *Electrical relays – Part 21: Vibration, shock, bump and seismic tests on measuring relays and protection equipment – Section One: Vibration tests (sinusoidal)*

IEC 60255-21-3:1993, *Electrical relays – Part 21: Vibration, shock, bump and seismic tests on measuring relays and protection equipment – Section 3: Seismic tests*

IEC 60255-23:1994, *Electrical relays – Part 23: Contact performance*

IEC 60269-1:1998, *Low-voltage fuses – Part 1: General requirements*

IEC 60269-2:1986, *Low-voltage fuses – Part 2: Supplementary requirements for fuses for use by authorized persons (fuses mainly for industrial application)*

IEC 60269-2-1:1998, *Low-voltage fuses – Part 2-1: Supplementary requirements for fuses for use by authorized persons (fuses mainly for industrial application) – Sections I to V: Examples of types of standardized fuses*

IEC 60270:1981, *Partial discharge measurements*

IEC 60296:1982, *Specification for unused mineral insulating oils for transformers and switchgear*

IEC 60309-1:1999, *Plugs, socket-outlets and couplers for industrial purposes – Part 1: General requirements*

IEC 60309-2:1999, *Plugs, socket-outlets and couplers for industrial purposes – Part 2: Dimensional interchangeability requirements for pin and contact-tube accessories*

IEC 60326 (all parts), *Printed boards*

IEC 60376:1971, *Specification and acceptance of new sulphur hexafluoride*

IEC 60393-1:1989, *Potentiometers for use in electronic equipment – Part 1: Generic specification*

IEC 60417 (all parts), *Graphical symbols for use on equipment*

IEC 60445:1999, *Basic and safety principles for man-machine interface, marking and identification – Identification of equipment terminals and of terminations of certain designated conductors, including general rules for an alphanumeric system*

IEC 60480:1974, *Guide to the checking of sulphur hexafluoride (SF₆) taken from electrical equipment*

IEC 60485:1974, *Digital electronic d.c. voltmeters and d.c. electronic analogue-to-digital converters*

IEC 60502-1:1997, *Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages from 1 kV ($U_m = 1,2$ kV) up to 30 kV ($U_m = 36$ kV) – Part 1: Cables for rated voltages of 1 kV ($U_m = 1,2$ kV) and 3 kV ($U_m = 3,6$ kV)*

IEC 60507:1991, *Artificial pollution tests on high-voltage insulators to be used on a.c. systems*

IEC 60512-2:1985, *Electromechanical components for electronic equipment; basic testing procedures and measuring methods – Part 2: General examination, electrical continuity and contact resistance tests, insulation tests and voltage stress tests*

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

IEC 60617, *Graphical symbols for diagrams*

IEC 60669-1:1998, *Switches for household and similar fixed-electrical installations – Part 1: General requirements*

IEC 60721, *Classification of environmental conditions*

IEC 60730-2-9:1992, *Automatic electrical controls for household and similar use – Part 2: Particular requirements for temperature sensing controls*

IEC 60730-2-13:1995, *Automatic electrical controls for household and similar use – Part 2: Particular requirements for humidity sensing controls*

IEC 60815:1986, *Guide for the selection of insulators in respect of polluted conditions*

IEC 60816:1984, *Guide on methods of measurement of short-duration transients on low-voltage power and signal lines*

IEC 60947-2:1995, *Low-voltage switchgear and controlgear – Part 2: Circuit-breakers*

IEC 60947-3:1999, *Low-voltage switchgear and controlgear – Part 3: Switches, disconnectors, switch-disconnectors and fuse-combination units*

IEC 60947-4-1:1990, *Low-voltage switchgear and controlgear – Part 4: Contactors and motor-starters – Section One: Electromechanical contactors and motor-starters*

IEC 60947-4-2:1995, *Low-voltage switchgear and controlgear – Part 4: Contactors and motor-starters – Section 2: AC semiconductor motor controllers and starters*

IEC 60947-5-1:1997, *Low-voltage switchgear and controlgear – Part 5: Control circuit devices and switching elements – Section One: Electromechanical control circuit devices*

IEC 60947-7-1:1989, *Low-voltage switchgear and controlgear – Part 7: Ancillary equipment – Section One: Terminal blocks for copper conductors*

IEC 60947-7-2:1995, *Low-voltage switchgear and controlgear – Part 7: Ancillary equipment – Section 2: Protective conductor terminal blocks for copper conductors*

IEC 61000-4-1:1992, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4: Testing and measurement techniques – Section 1: Overview of immunity tests – Basic EMC publication*

IEC 61000-4-4:1995, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4: Testing and measurement techniques – Section 4: Electrical fast transient/burst immunity test – Basic EMC Publication*

IEC 61000-4-12:1995, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4: Testing and measurement techniques – Section 12: Oscillatory waves immunity test – Basic EMC Publication*

IEC 61000-4-17:1999, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-17: Testing and measurement techniques – Ripple on d.c. input power port immunity test*

IEC 61000-4-29:—, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-29: Testing and measurement techniques – Voltage dips, short interruptions and voltage variations on d.c. input power ports, immunity tests*¹⁾

IEC 61000-5 (all parts), *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 5: Installation and mitigation guidelines*

IEC 61000-5-1:1996, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 5: Installation and mitigation guidelines – Section 1: General considerations – Basic EMC publication*

IEC 61000-5-2:1997, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 5: Installation and mitigation guidelines – Section 2: Earthing and cabling*

IEC 61000-6-5:—, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-5: Generic standards – Immunity for power station and substation environments*¹⁾

¹⁾ To be published.

IEC 61020-4:1991, *Electromechanical switches for use in electronic equipment – Part 4: Sectional specification for lever (toggle) switches*

IEC 61166:1993, *High-voltage alternating current circuit-breakers – Guide for seismic qualification of high-voltage alternating current circuit-breakers*

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

IEC 61634:1995, *High-voltage switchgear and controlgear – Use and handling of sulphur hexafluoride (SF₆) in high-voltage switchgear and controlgear*

IEC 61810 (all parts), *Electromechanical non-specified time all-or-nothing relays*

IEC 61810-1:1998, *Electromechanical non-specified time all-or-nothing relays – Part 1: General requirements*

IEC 61810-7:1997, *Electromechanical all-or-nothing relays – Part 7: Tests and measurement procedures*

CISPR 11:1990, *Limits and methods of measurement of electromagnetic disturbance characteristics of industrial, scientific and medical (ISM) radio-frequency equipment*

CISPR 16-1:1993, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 1: Radio disturbance and immunity measuring apparatus*

CISPR 18-2:1986, *Radio interference characteristics of overhead power lines and high-voltage equipment – Part 2: Methods of measurement and procedure for determining limits* Amendment 1 (1993)

Other International Standards are referred to for information in this standard. They are listed in annex G.

2 Normal and special service conditions

Unless otherwise specified, high-voltage switchgear and controlgear, including the operating devices and the auxiliary equipment which form an integral part of them, are intended to be used in accordance with their rated characteristics and the normal service conditions listed in 2.1.

If the actual service conditions differ from these normal service conditions, high-voltage switchgear and controlgear and associated operating devices and auxiliary equipment shall be designed to comply with any special service conditions required by the user, or appropriate arrangements shall be made (see 2.2).

NOTE 1 Appropriate action should also be taken to ensure proper operation under such conditions of other components, such as relays.

NOTE 2 Detailed information concerning classification of environmental conditions is given in IEC 60721-3-3 (indoor) and IEC 60721-3-4 (outdoor).

2.1 Normal service conditions

2.1.1 Indoor switchgear and controlgear

- a) The ambient air temperature does not exceed 40 °C and its average value, measured over a period of 24 h, does not exceed 35 °C.

The minimum ambient air temperature is –5 °C for class "minus 5 indoor", –15 °C for class "minus 15 indoor" and –25 °C for class "minus 25 indoor".

- b) The influence of solar radiation may be neglected.
- c) The altitude does not exceed 1 000 m.
- d) The ambient air is not significantly polluted by dust, smoke, corrosive and/or flammable gases, vapours or salt.
- e) The conditions of humidity are as follows:
- the average value of the relative humidity, measured over a period of 24 h, does not exceed 95 %;
 - the average value of the water vapour pressure, over a period of 24 h, does not exceed 2,2 kPa;
 - the average value of the relative humidity, over a period of one month, does not exceed 90 %;
 - the average value of the water vapour pressure, over a period of one month, does not exceed 1,8 kPa.

For these conditions, condensation may occasionally occur.

NOTE 1 Condensation can be expected where sudden temperature changes occur in periods of high humidity.

NOTE 2 To withstand the effects of high humidity and condensation, such as breakdown of insulation or corrosion of metallic parts, switchgear designed for such conditions and tested accordingly should be used.

NOTE 3 Condensation may be prevented by special design of the building or housing, by suitable ventilation and heating of the station or by the use of dehumidifying equipment.

- f) Vibration due to causes external to the switchgear and controlgear or earth tremors are negligible.
- g) Induced electromagnetic disturbances at interfaces of the secondary system, as a result of switching in the high-voltage system, do not exceed 1,6 kV common mode for normal EMC severity class, and 0,8 kV common mode for reduced EMC severity class.

NOTE 4 The maximum induced voltage values may be exceeded at interfaces to instrument transformers. Refer to instrument transformer standards for adequate performances of these devices.

2.1.2 Outdoor switchgear and controlgear

- a) The ambient air temperature does not exceed 40 °C and its average value, measured over a period of 24 h, does not exceed 35 °C.

The minimum ambient air temperature is –10 °C for class "minus 10 outdoor", –25 °C for class "minus 25 outdoor" and –40 °C for class "minus 40 outdoor".

Rapid temperature changes should be taken into account.

- b) Solar radiation up to a level of 1 000 W/m² (on a clear day at noon) should be considered.

NOTE 1 Under certain conditions of solar radiation appropriate measures, e.g. roofing, forced ventilation, etc. may be necessary, or derating may be used, in order not to exceed the specified temperature rises.

NOTE 2 Details of global solar radiation are given in IEC 60721-2-4.

- c) The altitude does not exceed 1 000 m.
- d) The ambient air may be polluted by dust, smoke, corrosive gas, vapours or salt. The pollution does not exceed the pollution level II – Medium according to table 1 of IEC 60815.
- e) The ice coating does not exceed 1 mm for class 1, 10 mm for class 10 and 20 mm for class 20.
- f) The wind speed does not exceed 34 m/s (corresponding to 700 Pa on cylindrical surfaces).

NOTE 3 Characteristics of wind are described in IEC 60721-2-2.

- g) Account should be taken of the presence of condensation or precipitations.

NOTE 4 Characteristics of precipitation are defined in IEC 60721-2-2.

- h) Vibration due to causes external to the switchgear and controlgear or to earth tremors are negligible.
- i) Induced electromagnetic disturbances at interfaces of the secondary system, as a result of switching in the high-voltage system, do not exceed 1,6 kV common mode for normal EMC severity class, and 0,8 kV common mode for reduced EMC severity class.

NOTE 5 The maximum induced voltage values may be exceeded at interfaces to instrument transformers. Refer to instrument transformer standards for adequate performances of these devices.

2.2 Special service conditions

When high-voltage switchgear and controlgear may be used under conditions different from the normal service conditions given in 2.1, the user's requirements should refer to standardized steps as follows.

2.2.1 Altitude

For installation at an altitude higher than 1 000 m, the insulation level of external insulation under the standardized reference atmospheric conditions shall be determined by multiplying the insulation withstand voltages required at the service location by a factor K_a in accordance with figure 1.

NOTE 1 For internal insulation, the dielectric characteristics are identical at any altitude and no special precautions need to be taken. For external and internal insulation, see IEC 60071-2.

NOTE 2 For low voltage auxiliary and control equipment, no special precautions need to be taken if the altitude is lower than 2 000 m. For higher altitude, see IEC 60664-1.

2.2.2 Pollution

For installation in polluted ambient air, a pollution level III – Heavy, or IV – Very heavy of IEC 60815 should be specified.

2.2.3 Temperature and humidity

For installation in a place where the ambient temperature can be significantly outside the normal service condition range stated in 2.1, the preferred ranges of minimum and maximum temperature to be specified should be:

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

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

In certain regions with frequent occurrence of warm humid winds, sudden changes of temperature may occur resulting in condensation even indoors.

In tropical indoor conditions, the average value of relative humidity measured during a period of 24 h can be 98 %.

2.2.4 Vibrations

For installations where earthquakes are likely to occur, severity level in accordance with IEC 61166 should be specified by the user.

2.2.5 Other parameters

When special environmental conditions prevail at the location where switchgear and controlgear is to be put in service, they should be specified by the user by reference to IEC 60721.

3 Definitions

For the purpose of this International Standard, the definitions in IEC 60050(151); IEC 60050(191); IEC 60050(441); IEC 60050(604) and IEC 60050(826) apply.

Some of them are recalled hereunder for easier use.

The definitions given below are also applicable. They are classified in accordance with IEC 60050(441). The definitions of IEC 60050(441) are not repeated but reference is made to their specific sub-clause number. References from other than IEC 60050(441) are classified so as to be aligned with the classification used in International Electrotechnical Vocabulary IEC 60050(441).

3.1 General terms

3.1.1

switchgear and controlgear

[IEV 441-11-01]

3.1.2

external insulation

the distances in atmosphere and the surfaces in contact with open air of solid insulation of the equipment which are subject to dielectric stresses and to the effects of atmospheric and other external conditions such as pollution, humidity, vermin etc.

[IEV 604-03-02]

3.1.3

IP code

a coding system to indicate the degrees of protection provided by an enclosure against access to hazardous parts, ingress of solid foreign objects, ingress of water and to give additional information in connection with such protection [3.4 of IEC 60529]

3.1.4

protection provided by an enclosure against access to hazardous parts

the protection of persons against:

- contact with hazardous mechanical parts;
- contact with hazardous low-voltage live parts;
- approach to hazardous high-voltage live parts below adequate clearance inside an enclosure [3.6 of IEC 60529]

3.1.5

maintenance

the combination of all technical and administrative actions, including supervision actions, intended to retain an item in, or restore it to, a state in which it can perform a required function [IEV 191-07-01]

3.1.6

scheduled maintenance

the preventive maintenance carried out in accordance with an established time schedule
[IEV 191-07-10]

3.1.7

inspection

periodic visual investigation of the principal features of the switchgear and controlgear in service without dismantling. This investigation is generally directed toward pressures and/or levels of fluids, tightness, position of relays, pollution of insulating parts, but actions such as lubricating, cleaning, washing, etc. which can be carried out with the switchgear and controlgear in service are also included

NOTE Observations resulting from inspection can lead to the decision to carry out overhaul.

3.1.8

diagnostic tests

comparative tests of the characteristic parameters of switchgear and controlgear to verify that it performs its functions, by measuring one or more of these parameters

NOTE The result from diagnostic tests can lead to the decision to carry out overhaul.

3.1.9

examination

inspection with the addition of partial dismantling, as required, supplemented by means such as measurements and non-destructive tests in order to reliably evaluate the condition of the switchgear and controlgear

3.1.10

overhaul

work done with the objective of repairing or replacing parts which are found to be out of tolerance by inspection, test, examination, or as required by manufacturer's maintenance manual, in order to restore the component and/or the switchgear and controlgear to an acceptable condition

3.1.11

down time

the time interval during which an item is in a down state
[IEV 191-09-08]

3.1.12

failure

the termination of the ability of an item to perform a required function
[IEV 191-04-01]

NOTE 1 After failure the item has a fault.

NOTE 2 "Failure" is an event, as distinguished from "fault", which is a state.

NOTE 3 This concept as defined does not apply to items consisting of software only.

3.1.13

major failure (of switchgear and controlgear)

failure of a switchgear and controlgear which causes the cessation of one or more of its fundamental functions

A major failure will result in an immediate change in the system operating conditions, e.g. the backup protective equipment will be required to remove the fault, or will result in mandatory removal from service within 30 min for unscheduled maintenance

3.1.14**minor failure (of switchgear and controlgear)**

any failure of a constructional element or a sub-assembly which does not cause a major failure of the switchgear and controlgear

3.1.15**defect**

an imperfection in the state of an item (or inherent weakness) which can result in one or more failures of the item itself, or of another item under the specific service or environmental or maintenance conditions, for a stated period of time

3.1.16**ambient air temperature**

[IEV 441-11-13]

3.1.17**servicing level**

ground level or fixed permanent floor level from which an authorized person can operate a device

3.1.18**non-exposed type**

type of component of which no live part can readily be touched

3.1.19**monitoring**

observation of the operation of a system or part of a system to verify correct functioning by detecting incorrect functioning; this being done by measuring one or more variables of the system and comparing the measured values with the specified values

[IEV 351-18-24, modified]

NOTE Several definitions are given for this term in the IEC. They are related to different cases of application. The reference given above is to be applied in the present case.

3.1.20**supervision**

activity, performed either manually or automatically, intended to observe the state of an item

[IEV 191-07-26]

NOTE Several definitions are given for this term in the IEC. They are related to different cases of application. The reference given above is to be applied in the present case.

3.2 Assemblies of switchgear and controlgear**3.2.1****self-protected switchgear**

switchgear and controlgear incorporating integral voltage-limiting devices

3.2.2**test specimen**

a test specimen is a complete switchgear and controlgear when the poles are mechanically linked (i.e. one operating mechanism) or when the type tests are mainly three-pole type tests. If this is not the case, a test specimen is one pole of the complete switchgear and controlgear. Where permitted in the relevant IEC standard, a test specimen may be a representative sub-assembly

3.3 Parts of assemblies

3.3.1

transport unit

a part of switchgear and controlgear suitable for transportation without being dismantled

3.4 Switching devices

No particular definitions.

3.5 Parts of switchgear and controlgear

3.5.1

enclosure

a part providing protection of equipment against certain external influences and, in any direction, protection against direct contact

[IEV 826-03-12]

NOTES This definition taken from IEC 60050(826) needs the following explanations under the scope of this standard:

- 1 Enclosures provide protection of persons or livestock against access to hazardous parts.
- 2 Barriers, shapes of openings or any other means – whether attached to the enclosure or formed by the enclosed equipment suitable to prevent or limit the penetration of the specified test probes are considered as a part of the enclosure, except when they can be removed without the use of a key or tool. [3.1 of IEC 60529]

3.5.2

hazardous part

a part that is hazardous to approach or touch [3.5 of IEC 60529]

3.5.3

contact

[IEV 441-15-05]

3.5.4

auxiliary circuit

[IEV 441-15-04]

3.5.5

control circuit

[IEV 441-15-03]

3.5.6

auxiliary switch

[IEV 441-15-11]

3.5.7

control switch

[IEV 441-14-46]

3.5.8

auxiliary contact

[IEV 441-15-10]

3.5.9

control contact

[IEV 441-15-09]

3.5.10**connection (bolted or the equivalent)**

two or more conductors designed to ensure permanent circuit continuity when forced together by means of screws, bolts or the equivalent

3.5.11**position indicating device**

[IEV 441-15-25]

3.5.12**monitoring device**

device intended to observe automatically the state of an item

[from IEC 191-07-26]

3.5.13**pilot switch**

[IEV 441-14-48]

3.5.14**low energy contact**

contact designed to be used in very low energy circuits, e.g. for monitoring or information technology

NOTE Typical applications are contacts inserted into a load circuit through which flows a current of some milliamperes at a voltage not exceeding 10 V at the terminals.

3.5.15**cable entry**

part with openings, which permit the passage of cables into the enclosure

3.5.16**cover plate**

part of an enclosure which is used for closing an opening and designed to be held in place by screws or similar means. It is not normally removed after the equipment is put in service

3.5.17**partition**

part of an assembly separating one compartment from other compartments

[IEV 441-13-06]

3.5.18**actuator**

part of the actuating system to which an external actuating force is applied

NOTE The actuator may take the form of a handle, knob, push-button, roller, plunger, etc.

[IEV 441-15-22]

3.5.19**indicating device (of a measuring instrument)**

ensemble of components of a measuring instrument intended to indicate the value of the measured quantity

NOTE By extension, the indicating means or setting device of any instrument such as a material measure or a signal generator.

[IEV 301-07-01]

3.5.20

splice

connecting device with barrel(s) accommodating electrical conductor(s) with or without additional provision to accommodate and secure the insulation
[IEV 581-05-11]

3.5.21

terminal

point of an electric circuit, intended for making a connection
[IEV 131-01-02]

3.5.22

terminal block

assembly of terminals in a housing or body of insulating material to facilitate interconnection between multiple conductors
[IEV 581-06-36]

3.5.23

neutral conductor (symbol N)

conductor connected to the neutral point of a system and capable of contributing to the transmission of electrical energy
[IEV 826-01-03]

3.5.24

protective conductor (symbol PE)

conductor required by some measures for protection against electric shock for electrically connecting any of the following parts:

- exposed conductive parts;
- extraneous conductive parts;
- main earthing terminal;
- earth electrode;
- earthed point of the source or artificial neutral

[IEV 826-04-05]

3.5.25

PEN conductor

earthed conductor combining the functions of both protective conductor and neutral conductor

NOTE The acronym PEN results of the combination of both symbols PE for the protective conductor and N for the neutral conductor.

[IEV 826-04-06]

3.5.26

all-or-nothing relay

electrical relay which is intended to be energized by a quantity whose value is either within its operative range or effectively zero

[IEV 446-11-02]

3.5.27

thermal electrical relay

dependant-time measuring relay which is intended to protect an equipment from electrical thermal damage by measurement of the current flowing in the protected equipment and by a characteristic curve simulating its thermal behaviour

[IEV 446-15-16]

3.5.28**(mechanical) contactor**

mechanical switching device having only one position of rest, operated otherwise than by hand, capable of making, carrying and breaking currents under normal circuit conditions including operating overload conditions

NOTE Contactors may be designated according to the method by which the force for closing the main contacts is provided.

[IEV 441-14-33]

3.5.29**starter**

combination of all the switching means necessary to start and stop a motor in combination with suitable overload protection

NOTE Starters may be designated according to the method by which the force for closing the main contacts is provided.

[IEV 441-14-38]

3.5.30**shunt release**

release energized by a source of voltage

NOTE The source of voltage may be independent of the voltage of the main circuit

[IEV 441-16-41]

3.5.31**switch**

component fitted with an actuator and contacts to make and break a connection

[IEV 581-10-01]

3.5.32**distribution circuit (of buildings)**

circuit supplying a distribution board

[IEV 826-05-02]

3.5.33**final circuit (of buildings)**

circuit connected directly to current using equipment or to socket-outlets

[IEV 826-05-03]

3.5.34**toggle switch**

switch having a lever (toggle), the movement of which results either directly or indirectly in the connection or disconnection of the switch terminations in a specified manner. Any indirect action through an actuating mechanism shall be such that the speed of connection and/or disconnection is independent of the speed of lever movement

[IEV 581-10-11]

3.5.35**disconnecter**

mechanical switching device which provides, in the open position, an isolating distance in accordance with specified requirements

NOTE A disconnecter is capable of opening and closing a circuit when either negligible current is broken or made, or when no significant change in the voltage across the terminals of each of the poles of the disconnecter occurs. It is also capable of carrying currents under normal circuit conditions and carrying currents for a specified time under abnormal conditions such as those of short-circuit.

[IEV 441-14-05]

3.5.36

counter

device indicating the number of operating cycles a mechanical switching device has accomplished

3.5.37

indicator light

lamp used as an indicator

[IEV 811-31-06]

3.5.38

plug and socket-outlet

means enabling the connection at will of a flexible cable to fixed wiring

NOTE The application of the means is shown in figure 1 of IEC 60309-1.

3.5.39

cable coupler

means enabling the connection at will of two flexible cables

NOTE The application of the means is shown in figure 1 of IEC 60309-1.

3.5.40

appliance coupler

means enabling the connection at will of a flexible cable to the equipment

NOTE The application of the means is shown in figure 1 of IEC 60309-1.

3.5.41

connector

component which terminates conductors for the purpose of providing connection and disconnection to a suitable mating component

[IEV 581-06-01]

3.5.42

coil

set of series-connected turns, usually coaxial

[IEV 151-01-21]

3.5.43

static switching component

device in which the switching action is developed by electronic, magnetic, optical or other components without mechanical motion

3.5.44

secondary system

entity of

- control and auxiliary circuits, mounted on or adjacent to the switchgear or controlgear, including circuits in central control cubicles;
- equipment for monitoring, diagnostics, etc., that is part of the auxiliary circuits of the switchgear or controlgear;
- circuits connected to the secondary terminals of instrument transformers, that are part of the switchgear or controlgear

3.5.45

subassembly (of a secondary system)

part of a secondary system, with regard to function or position. A subassembly is normally placed in a separate enclosure, and shall have its own interface

3.5.46**interchangeable subassembly (of a secondary system)**

subassembly which is intended to be placed in various positions within a secondary system, or intended to be replaced by other similar subassemblies. An interchangeable subassembly has an accessible interface

3.6 Operation**3.6.1****dependent power operation**

[IEV 441-16-14]

3.6.2**stored energy operation**

[IEV 441-16-15]

3.6.3**positively driven operation**

operation which, in accordance with specified requirements, is designed to ensure that auxiliary contacts of a mechanical switching device are in the respective positions corresponding to the open or closed position of the main contacts

[IEV 441-16-12, modified]

NOTE A positively driven operating device is made by the association of a moving part, linked mechanically to the main contact of the primary circuit, without the use of springs and a sensing element. In the case of mechanical auxiliary contacts, this sensing element can be simply the fixed contact, directly connected to the secondary terminal. In the case where the function is achieved electronically, the sensing element can be a static transducer (optical, magnetic, etc.) associated with a static switch, or associated with an electronic or electro-optic transmitting element.

3.6.4 Definitions relative to pressure (or density)**3.6.4.1****rated filling pressure for insulation p_{re} (or density ρ_{re})**

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

3.6.4.2**rated filling pressure for operation p_{rm} (or density ρ_{rm})**

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

3.6.4.3**alarm pressure for insulation p_{ae} (or density ρ_{ae})**

the pressure (Pa), for insulation and/or for switching, referred to the standard atmospheric air conditions of +20 °C and 101,3 kPa (or density), which may be expressed in relative or absolute terms, at which a monitoring signal may be provided to indicate that replenishment is necessary in a relatively short time

3.6.4.4**alarm pressure for operation p_{am} (or density ρ_{am})**

the pressure (Pa), referred to the standard atmospheric air conditions of +20 °C and 101,3 kPa (or density), which may be expressed in relative or absolute terms, at which a monitoring signal may be provided to indicate that replenishment of the control device is necessary in a relatively short time

3.6.4.5

minimum functional pressure for insulation p_{me} (or density ρ_{me})

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

3.6.4.6

minimum functional pressure for operation p_{mm} (or density ρ_{mm})

the pressure (Pa), referred to the standard atmospheric air conditions of +20 °C and 101,3 kPa (or density), which may be expressed in relative or absolute terms, at which and above which rated characteristics of switchgear and controlgear are maintained and at which a replenishment of the control device becomes necessary. This pressure is often designated as interlocking pressure

3.6.5 Definitions relating to gas and vacuum tightness

These definitions apply to all switchgear and controlgear which use vacuum or gas, other than air at atmospheric pressure, as insulating or combined insulating and interrupting or operating medium.

3.6.5.1

gas-filled compartment

a compartment of switchgear and controlgear in which the gas pressure is maintained by one of the following systems:

- a) controlled pressure system;
- b) closed pressure system;
- c) sealed pressure system.

NOTE Several gas-filled compartments may be permanently interconnected to form a common gas-system (gas-tight assembly).

3.6.5.2

controlled pressure system for gas

a volume which is automatically replenished from an external or internal gas source

NOTE 1 Examples of controlled pressure systems are air-blast circuit-breakers or pneumatic operating mechanisms

NOTE 2 A volume may consist of several permanently connected gas-filled compartments.

3.6.5.3

closed pressure system for gas

a volume which is replenished only periodically by manual connection to an external gas source

NOTE Example of closed pressure systems are SF₆ single pressure circuit-breakers.

3.6.5.4

sealed pressure system

a volume for which no further gas or vacuum processing is required during its expected operating life

NOTE 1 Examples of sealed pressure systems are tubes of vacuum circuit-breakers or some SF₆ circuit-breakers.

NOTE 2 Sealed pressure systems are completely assembled and tested in the factory.

3.6.5.5

absolute leakage rate, F

the amount of gas escaped by time unit, expressed in Pa.m³/s

3.6.5.6**permissible leakage rate, F_p**

the maximum permissible absolute leakage rate of gas specified by the manufacturer for a part, a component or a sub-assembly, or by using the tightness coordination chart (TC), for an arrangement of parts, components or sub-assemblies connected together in one pressure system

3.6.5.7**relative leakage rate, F_{rel}**

the absolute leakage rate related to the total amount of gas in the system at rated filling pressure (or density). It is expressed in percentage per year or per day

3.6.5.8**time between replenishments, T**

the time elapsed between two replenishments performed either manually or automatically when the pressure (density) reaches the alarm level, to compensate the leakage rate F

3.6.5.9**number of replenishments per day, N**

the number of replenishments to compensate the leakage rate F . This value is applicable to controlled pressure systems

3.6.5.10**pressure drop, Δp**

the drop of pressure in a given time caused by the leakage rate F , without replenishment

3.6.5.11**tightness coordination chart, TC**

a survey document supplied by the manufacturer, used when testing parts, components or sub-assemblies, to demonstrate the relationship between the tightness of a complete system and that of the parts, components and/or sub-assemblies

3.6.5.12**cumulative leakage measurement**

a measurement which takes into account all the leaks from a given assembly to determine the leakage rate

3.6.5.13**sniffing**

the action of slowly moving a leak meter sensing probe around an assembly to locate a gas leak

3.6.6 Definitions relating to liquid tightness

These definitions apply to all switchgear and controlgear which use liquids as insulating, combined insulating and interrupting, or control medium with or without permanent pressure.

3.6.6.1**controlled pressure system for liquid**

a volume which is automatically replenished with liquid

3.6.6.2**closed pressure system for liquid**

a volume which is manually replenished only periodically with liquid

3.6.6.3**absolute leakage rate, F_{liq}**

the amount of liquid escaped by time unit, expressed in cm^3/s

3.6.6.4

permissible leakage rate, $F_{p(liq)}$

the maximum permissible leakage rate specified by the manufacturer for a liquid pressure system

3.6.6.5

number of replenishments per day, N_{liq}

the number of replenishments to compensate the leakage rate F_{liq} . This value is applicable to controlled pressure systems

3.6.6.6

pressure drop, ΔP_{liq}

the drop in pressure in a given time caused by the leakage rate F_{liq} without replenishment

3.7 Characteristic quantities

3.7.1

isolating distance

[IEV 441-17-35]

3.7.2

degree of protection

the extent of protection provided by an enclosure against access to hazardous parts, against ingress of solid foreign objects and/or ingress of water and verified by standardized test methods [3.3 of IEC 60529]

3.7.3

rated value

a quantity value assigned, generally by a manufacturer, for a specified operating condition of a component device or equipment
[IEV 151-04-03]

3.8 Index of definitions

A

Absolute leakage rate	3.6.5.5 and 3.6.6.3
Alarm pressure for insulation	3.6.4.3
Alarm pressure for operation	3.6.4.4
Ambient air temperature	3.1.16
Auxiliary circuit	3.5.4
Auxiliary contact	3.5.8
Auxiliary switch	3.5.6

C

Closed pressure system for gas	3.6.5.3
Closed pressure system for liquid	3.6.6.2
Connection	3.5.10
Contact	3.5.3
Control circuit	3.5.5
Control contact	3.5.9
Control switch	3.5.7
Controlled pressure system for gas	3.6.5.2
Controlled pressure system for liquid	3.6.6.1
Cumulative leakage measurement	3.6.5.12

D

Defect.....	3.1.15
Degree of protection	3.7.2
Dependent power operation	3.6.1
Diagnostic tests	3.1.8
Downtime.....	3.1.11

E

Enclosure	3.5.1
Examination.....	3.1.9
External insulation	3.1.2

F

Failure	3.1.12
---------------	--------

G – I

Gas-filled compartment.....	3.5.5.1
Independent power operation.....	3.6.2
Inspection.....	3.1.7
IP Code	3.1.3
Isolating distance.....	3.7.1

L – M

Low energy contact.....	3.5.14
Maintenance	3.1.5
Major failure.....	3.1.13
Minimum functional pressure for insulation	3.6.4.5
Minimum functional pressure for operation.....	3.6.4.6
Minor failure.....	3.1.14
Monitoring device.....	3.5.12

N – O

Number of replenishments per day.....	3.6.5.9 and 3.6.6.5
Overhaul.....	3.1.10

P

Permissible leakage rate.....	3.6.5.6 and 3.6.6.4
Pilot switch	3.5.13
Position indicating device.....	3.5.11
Positively driven	3.6.3
Pressure drop	3.6.5.10 and 3.6.6.6
Protection provided by an enclosure against access to hazardous parts ...	3.1.4

R

Rated filling pressure for insulation	3.6.4.1
Rated filling pressure for operation	3.6.4.2
Rated value	3.7.3
Relative leakage rate	3.6.5.7

S

Scheduled maintenance	3.1.6
Sealed pressure system	3.6.5.4
Self-protected switchgear	3.2.1
Sniffing	3.6.5.13
Switchgear and controlgear	3.1.1

T

Test specimen	3.2.2
Tightness coordination chart	3.6.5.11
Time between replenishments	3.6.5.8
Transport unit	3.3.1

4 Ratings

The common ratings of switchgear and controlgear, including their operating devices and auxiliary equipment, should be selected from the following:

- rated voltage (U_r)
- rated insulation level
- rated frequency (f_r)
- rated normal current (I_r)
- rated short-time withstand current (I_k)
- rated peak withstand current (I_p)
- rated duration of short circuit (t_k)
- rated supply voltage of closing and opening devices and of auxiliary circuits (U_a)
- rated supply frequency of closing and opening devices and of auxiliary circuits
- rated pressure of compressed gas supply for insulation or operation.

NOTE Other rated characteristics may be necessary and will be specified in the relevant IEC standards.

4.1 Rated voltage (U_r)

The rated voltage indicates the upper limit of the highest voltage of systems for which the switchgear and controlgear is intended. Standard values of rated voltages are given below:

NOTE For editorial reasons, mainly due to the characteristics of the transient recovery voltages, the subdivision in voltage ranges differs from that in IEC 60038.

4.1.1 Range I for rated voltages of 245 kV and below

Series I 3,6 kV – 7,2 kV – 12 kV – 17,5 kV – 24 kV – 36 kV – 52 kV – 72,5 kV – 100 kV – 123 kV – 145 kV – 170 kV – 245 kV.

Series II (based on the current practice in North America): 4,76 kV – 8,25 kV – 15 kV – 25,8 kV – 38 kV – 48,3 kV – 72,5 kV.

4.1.2 Range II for rated voltages above 245 kV

300 kV – 362 kV – 420 kV – 550 kV – 800 kV.

4.2 Rated insulation level

The rated insulation level of switchgear and controlgear shall be selected from the values given in tables 1 and 2.

In these tables, the withstand voltage applies at the standardized reference atmosphere (temperature, pressure and humidity) specified in IEC 60071-1. For special service conditions, see 2.2.

The rated withstand voltage values for lightning impulse voltage (U_p), switching impulse voltage (U_s) (when applicable), and power-frequency voltage (U_n) shall be selected without crossing the horizontal marked lines. The rated insulation level is specified by the rated lightning impulse withstand voltage phase to earth.

For most of the rated voltages, several rated insulation levels exist to allow for application of different performance criteria or overvoltage patterns. The choice should be made considering the degree of exposure to fast-front and slow-front overvoltages, the type of neutral earthing of the system and the type of overvoltage limiting devices (see IEC 60071-2).

The "common values" as used in tables 1a and 1b apply to phase-to-earth, between phases and across the open switching device, if not otherwise specified in this standard. The withstand voltage values "across the isolating distance" are valid only for the switching devices where the clearance between open contacts is designed to meet the safety requirements specified for disconnectors.

For further information about insulation levels, see annex D.

**Table 1a – Rated insulation levels for rated voltages
of range I, series I**

Rated voltage U_r kV (r.m.s. value)	Rated short-duration power-frequency withstand voltage U_d kV (r.m.s. value)		Rated lightning impulse withstand voltage U_p kV (peak value)	
	Common value	Across the isolating distance	Common value	Across the isolating distance
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
3,6	10	12	20	23
			40	46
7,2	20	23	40	46
			60	70
12	28	32	60	70
			75	85
17,5	38	45	75	85
			95	110
24	50	60	95	110
			125	145
36	70	80	145	165
			170	195
52	95	110	250	290
72,5	140	160	325	375
100	150	175	380	440
	185	210	450	520
123	185	210	450	520
	230	265	550	630
145	230	265	550	630
	275	315	650	750
170	275	315	650	750
	325	375	750	860
245	360	415	850	950
	395	460	950	1 050
	460	530	1 050	1 200

**Table 1b – Rated insulation levels for rated voltages of range I, series II
(used in North America)***

Rated voltage U_r kV (r.m.s. value)	Rated short-duration power-frequency withstand voltage U_d kV (r.m.s. value)				Rated lightning impulse withstand voltage U_p kV (peak value)	
	Common value		Across the isolating distance		Common value	Across isolating distance
	Dry	Wet**	Dry	Wet**		
(1)	(2)	(2 a)	(3)	(3 a)	(4)	(5)
4,76	19	–	21	–	60	70
8,25	26	24	29	27	75	80
	35	30	39	33	95	105
15	35	30	39	33	95	105
	50	45	55	50	110	125
25,8	50	45	55	50	125	140
	70	60	77	66	150	165
38	70	60	77	66	150	165
	95	80	105	88	200	220
48,3	120	100	132	110	250	275
72,5	160	140	176	154	350	385

* For rated voltages higher than 72,5 kV up to and including 245 kV, the values of table 1a are applicable.

** Wet values are a 10 s withstand for equipment used outdoors. See 9.2 of IEC 60060-1.

Table 2a – Rated insulation levels for rated voltages of range II

Rated voltage U_r kV (r.m.s. value)	Rated short-duration power-frequency withstand voltage U_d kV (r.m.s. value)		Rated switching impulse withstand voltage U_s kV (peak value)			Rated lightning impulse withstand voltage U_p kV (peak value)	
	Phase-to-earth and between phases (note 3)	Across open switching device and/or isolating distance (note 3)	Phase-to-earth and across open switching device	Between phases (notes 3 and 4)	Across isolating distance (notes 1, 2 and 3)	Phase-to-earth and between phases	Across open switching device and/or isolating distance (notes 2 and 3)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
300	380	435	750	1 125	700 (+ 245)	950	950 (+ 170)
			850	1 275		1 050	1 050 (+ 170)
362	450	520	850	1 275	800 (+ 295)	1 050	1 050 (+ 205)
			950	1 425		1 175	1 175 (+ 205)
420	520	610	950	1 425	900 (+ 345)	1 300	1 300 (+ 240)
			1 050	1 575		1 425	1 425 (+ 240)
550	620	800	1 050	1 680	900 (+ 450)	1 425	1 425 (+ 315)
			1 175	1 760		1 550	1 550 (+ 315)
800	830	1 150	1 300	2 210	1 100 (+ 650)	1 800	1 800 (+ 455)
			1 425	2 420		2 100	2 100 (+ 455)

NOTE 1 Column (6) is also applicable to some circuit-breakers, see IEC 60056.

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

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

NOTE 3 Values of column (2) are applicable:
a) for type tests, phase-to-earth,
b) for routine tests, phase-to-earth, phase-to-phase, and across the open switching device.
Values of columns (3), (5), (6) and (8) are applicable for type tests only.

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

Table 2b – Additional rated insulation levels in North America for range II

Rated voltage U_r kV (r.m.s. value)	Rated short-duration power-frequency withstand voltage U_d kV (r.m.s. value)		Rated switching impulse withstand voltage U_s kV (peak value)			Rated lightning impulse withstand voltage U_p kV (peak value)	
	Phase-to-earth and between phases (note 3)	Across open switching device and/or isolating distance (note 3)	Phase-to-earth and across open switching device	Between phases (notes 3 and 4)	Across isolating distance (notes 1, 2 and 3)	Phase-to-earth and between phases	Across open switching device and/or isolating distance (notes 2 and 3)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
362	520	610	950	1 425	800 (+ 295)	1300	1 300 (+ 205)
550	710	890	1 175	2 210	900 (+ 450)	1800	1 800 (+ 315)
The notes are the same as those to table 2a.							

4.3 Rated frequency (f_r)

The standard values of the rated frequency are 16 2/3 Hz, 25 Hz, 50 Hz and 60 Hz.

4.4 Rated normal current and temperature rise

4.4.1 Rated normal current (I_r)

The rated normal current of switchgear and controlgear is the r.m.s. value of the current which switchgear and controlgear shall be able to carry continuously under specified conditions of use and behaviour.

The values of rated normal currents should be selected from the R 10 series, specified in IEC 60059.

NOTE 1 The R 10 series comprises the numbers 1 – 1,25 – 1,6 – 2 – 2,5 – 3,15 – 4 – 5 – 6,3 – 8 and their products by 10ⁿ.

NOTE 2 Rated currents for temporary or for intermittent duty are subject to agreement between manufacturer and user.

4.4.2 Temperature rise

The temperature rise of any part of switchgear and controlgear at an ambient air temperature not exceeding 40 °C shall not exceed the temperature-rise limits specified in table 3 under the conditions specified in the test clauses.

Table 3 – Limits of temperature and temperature rise for various parts, materials and dielectrics of high-voltage switchgear and controlgear

Nature of the part, of the material and of the dielectric (See points 1, 2 and 3) (See note)	Maximum value	
	Temperature °C	Temperature rise at ambient air temperature not exceeding 40 °C K
1 Contacts (see point 4) Bare-copper or bare-copper alloy – in air – in SF ₆ (sulphur hexafluoride) (see point 5) – in oil Silver-coated or nickel-coated (see point 6) – in air – in SF ₆ (see point 5) – in oil Tin-coated (see point 6) – in air – in SF ₆ (see point 5) – in oil	75 105 80 105 105 90 90 90 90 90	35 65 40 65 65 50 50 50 50 50
2 Connection, bolted or the equivalent (see point 4) Bare-copper, bare-copper alloy or bare-aluminium alloy – in air – in SF ₆ (see point 5) – in oil Silver-coated or nickel-coated see point 6) – in air – in SF ₆ (see point 5) – in oil Tin-coated – in air – in SF ₆ (see point 5) – in oil	90 115 100 115 115 100 105 105 100	50 75 60 75 75 60 65 65 60
3 All other contacts or connections made of bare metals or coated with other materials	(see point 7)	(see point 7)
4 Terminals for the connection to external conductors by screws or bolts (see point 8) – bare – silver, nickel or tin-coated – other coatings	90 105 (see point 7)	50 65 (see point 7)
5 Oil for oil switching devices (see points 9 and 10)	90	50
6 Metal parts acting as springs	(see point 11)	(see point 11)
7 Materials used as insulation and metal parts in contact with insulation of the following classes (see point 12) – Y – A – E – B – F – Enamel: oil base synthetic – H – C other insulating material	90 105 120 130 155 100 120 180 (see point 13)	50 65 80 90 115 60 80 140 (see point 13)
8 Any part of metal or of insulating material in contact with oil, except contacts	100	60
9 Accessible parts – expected to be touched in normal operation – which need not to be touched in normal operation	70 80	30 40
NOTE The points referred to in this table are those of 4.4.3.		

4.4.3 Particular points of table 3

The following points are referred to in table 3 and complete it.

Point 1 According to its function, the same part may belong to several categories as listed in table 3.

In this case the permissible maximum values of temperature and temperature rise to be considered are the lowest among the relevant categories.

Point 2 For vacuum switching devices, the values of temperature and temperature-rise limits are not applicable for parts in vacuum. The remaining parts shall not exceed the values of temperature and temperature rise given in table 3.

Point 3 Care shall be taken to ensure that no damage is caused to the surrounding insulating materials.

Point 4 When engaging parts have different coatings or one part is of bare material, the permissible temperatures and temperature rises shall be:

a) for contacts, those of the surface material having the lowest value permitted in item 1 of table 3;

b) for connections, those of the surface material having the highest value permitted in item 2 of table 3.

Point 5 SF₆ means pure SF₆ or a mixture of SF₆ and other oxygen-free gases.

NOTE 1 Due to the absence of oxygen, a harmonization of the limits of temperature for different contact and connection parts in the case of SF₆ switchgear appears appropriate. In accordance with IEC 60943, which gives guidance for the specification of permissible temperatures, the permissible temperature limits for bare copper and bare copper alloy parts can be equalized to the values for silver-coated or nickel-coated parts in the case of SF₆ atmospheres.

In the particular case of tin-coated parts, due to fretting corrosion effects (refer to IEC 60943) an increase of the permissible temperatures is not applicable, even under the oxygen-free conditions of SF₆. Therefore the initial values for tin-coated parts are kept.

NOTE 2 Temperature rises for bare copper and silver-coated contacts in SF₆ are under consideration.

Point 6 The quality of the coated contacts shall be such that a continuous layer of coating material remains in the contact area:

a) after making and breaking test (if any):

b) after short-time withstand current test:

c) after the mechanical endurance test:

according to the relevant specifications for each equipment. Otherwise, the contacts shall be regarded as "bare".

Point 7 When materials other than those given in table 3 are used, their properties shall be considered, notably in order to determine the maximum permissible temperature rises.

Point 8 The values of temperature and temperature rise are valid even if the conductor connected to the terminals is bare.

Point 9 At the upper part of the oil.

Point 10 Special consideration should be given when low flash-point oil is used in regard to vaporization and oxidation.

Point 11 The temperature shall not reach a value where the elasticity of the material is impaired.

Point 12 Classes of insulating materials are those given in IEC 60085.

Point 13 Limited only by the requirement not to cause any damage to surrounding parts.

4.5 Rated short-time withstand current (I_k)

The r.m.s. value of the current which the switchgear and controlgear can carry in the closed position during a specified short time under prescribed conditions of use and behaviour.

The standard value of rated short-time withstand current should be selected from the R 10 series specified in IEC 60059, and shall be equal to the short-circuit rating assigned to switchgear and controlgear.

NOTE The R 10 series comprises the numbers 1 – 1,25 – 1,6 – 2 – 2,5 – 3,15 – 4 – 5 – 6,3 – 8 and their products by 10^n .

4.6 Rated peak withstand current (I_p)

The peak current associated with the first major loop of the rated short-time withstand current which switchgear and controlgear can carry in the closed position under prescribed conditions of use and behaviour.

The rated peak withstand current shall correspond to the rated frequency. For a rated frequency of 50 Hz and below it is equal to 2,5 times the rated short-time withstand current, and for a rated frequency of 60 Hz it is equal to 2,6 times the rated short-time withstand current.

NOTE Values higher than 2,5 or 2,6 times the rated short-time withstand current may be required according to the characteristics of the system.

4.7 Rated duration of short circuit (t_k)

The interval of time for which switchgear and controlgear can carry, in the closed position, a current equal to its rated short-time withstand current.

The standard value of rated duration of short circuit is 1 s.

If it is necessary, a value lower or higher than 1 s may be chosen. The recommended values are 0,5 s, 2 s and 3 s.

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

4.8.1 General

The supply voltage of closing and opening devices and auxiliary and control circuits shall be understood to mean the voltage measured at the circuit terminals of the apparatus itself during its operation, including, if necessary, the auxiliary resistors or accessories supplied or required by the manufacturer to be installed in series with it, but not including the conductors for the connection to the electricity supply.

The supply system should preferably be referenced to earth (i.e. not completely floating) in order to avoid the accumulation of dangerous static voltages. The location of the earthing point should be defined according to good practice.

It should be noted that normal operation of equipment is to be assured when the supply voltage is within the tolerances described in 4.8.3.

4.8.2 Rated voltage (U_a)

The rated supply voltage should be selected from the standard values given in tables 14 and 15. The values marked with an asterisk are preferred values for electronic auxiliary equipment.

Table 14 – Direct current voltage

U_a
V
24
48*
60
110* or 125
220 or 250

Table 15 – Alternating current voltage

Three-phase, three-wire or four-wire systems	Single-phase, three-wire systems	Single-phase, two-wire systems
V	V	V
–	120/240	120
120/208	–	120
(220/380)	–	(220)
230/400*	–	230*
(240/415)	–	(240)
277/480	–	277
347/600	–	347

NOTE 1 The lower values in the first column of this table are voltages to neutral and the higher values are voltages between phases. The lower value in the second column is the voltage to neutral and the higher value is the voltage between lines.

NOTE 2 The value 230/400 V indicated in this table should be, in the future, the only IEC standard voltage and its adoption is recommended in new systems. The voltage variations of existing systems at 220/380 V and 240/415 V should be brought within the range 230/400 V $\pm$ 10 %. The reduction of this range will be considered at a later stage of standardization.

4.8.3 Tolerances

The relative tolerance of a.c. and d.c. power supply in normal duty measured at the input of the auxiliary equipment (electronic controls, supervision, monitoring and communication) is 85 % to 110 %.

For supply voltages less than the minimum stated for power supply, precautions shall be taken to prevent any damage to electronic equipment and/or unsafe operation due to its unpredictable behaviour.

For operation of shunt opening releases, the relative tolerance shall comply with the requirements of 5.8.

4.8.4 Ripple voltage

In case of d.c. supply, the ripple voltage, that is the peak-to-peak value of the a.c. component of the supply voltage at the rated load, shall be limited to a value not greater than 5 % of the d.c. component. The voltage is measured at the supply terminals of the auxiliary equipment. IEC 61000-4-17 applies.

4.8.5 Voltage drop and supply interruption

IEC 61000-4-29 should apply to electrical and electronic components.

As far as supply interruptions are concerned, the system is considered to perform correctly if

- there are no false operations;
- there are no false alarms or false remote signalling;
- any pending action is correctly completed, even with a short delay.

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

The standard values of rated supply frequency are DC, 50 Hz and 60 Hz.

4.10 Rated pressure of compressed gas supply for insulation and/or operation

The standard values of rated pressure are:

0,5 MPa – 1 MPa – 1,6 MPa – 2 MPa – 3 MPa – 4 MPa,
unless otherwise specified by the manufacturer.

5 Design and construction

5.1 Requirements for liquids in switchgear and controlgear

The manufacturer shall specify the type and the required quantity and quality of the liquid to be used in switchgear and controlgear and provide the user with necessary instructions for renewing the liquid and maintaining its required quantity and quality (see 10.4.1 item d)).

5.1.1 Liquid level

A device for checking the liquid level, preferably during service, with indication of minimum and maximum limits admissible for correct operation, shall be provided.

NOTE This is not applicable to dash-pots.

5.1.2 Liquid quality

Liquids for use in switchgear and controlgear shall comply with the instructions of the manufacturer.

For oil-filled switchgear and controlgear, new insulating oil shall comply with IEC 60296.

5.2 Requirements for gases in switchgear and controlgear

The manufacturer shall specify the type and the required quantity, quality and density of the gas to be used in switchgear and controlgear and provide the user with necessary instructions for renewing the gas and maintaining its required quantity and quality (see 10.4.1 a)), except for sealed pressure systems.

For sulphur hexafluoride-filled switchgear and controlgear, new sulphur hexafluoride shall comply with IEC 60376.

In order to prevent condensation, the maximum allowable moisture content within gas-filled switchgear and controlgear filled with gas at rated filling density for insulation p_{re} shall be such that the dew-point is not higher than -5 °C for a measurement at 20 °C . Adequate correction shall be made for measurement made at other temperatures. For the measurement and determination of the dew-point, refer to IEC 60376B and IEC 60480.

Parts of high-voltage switchgear and controlgear housing compressed gas shall comply with the requirements laid down in the relevant IEC standards.

NOTE Attention is drawn to the need to comply with local regulation relevant to pressure vessels.

5.3 Earthing of switchgear and controlgear

The frame of each switching device shall be provided with a reliable earthing terminal having a clamping screw or bolt for connection to an earthing conductor suitable for specified fault conditions. The diameter of the clamping screw or bolt shall be at least 12 mm. The connecting point shall be marked with the "protective earth" symbol, as indicated by symbol No. 5019 of IEC 60417. Parts of metallic enclosures connected to the earthing system may be considered as an earthing conductor.

5.4 Auxiliary and control equipment

5.4.1 Enclosures

5.4.1.1 General

The enclosures for low-voltage control and auxiliary circuits shall be constructed of materials capable of withstanding the mechanical, electrical and thermal stresses, as well as the effects of humidity which are likely to be encountered in normal service.

5.4.1.2 Protection against corrosion

Protection against corrosion shall be ensured by the use of suitable materials or by the application of suitable protective coatings to the exposed surfaces, taking into account the intended conditions of use in accordance with the service conditions stated in clause 2.

5.4.1.3 Degrees of protection

The degree of protection provided by an enclosure for low-voltage auxiliary and control circuits shall be in accordance with 5.13.

Openings in cable entries, cover plates, etc. shall be so designed that, when the cables are properly installed, the stated degree of protection of an enclosure for low-voltage auxiliary and control circuits, as defined in 5.13, shall be obtained. This implies that a means of entry, suitable for the application stated by the manufacturer, should be selected.

Any ventilation openings shall be shielded or arranged so that the same degree of protection as that specified for the enclosure is obtained.

5.4.2 Protection against electric shock

5.4.2.1 Protection by segregation of auxiliary and control circuits from the main circuit

Auxiliary and control equipment which is installed on the frame of switching devices shall be suitably protected against disruptive discharge from the main circuit.

The wiring of auxiliary and control circuits, with the exception of short lengths of wire at terminals of instrument transformers, tripping coils, auxiliary contacts, etc. shall be either segregated from the main circuit by earthed metallic partitions (for example, tubes) or separated by partitions (for example, tubes) made of insulating material.

5.4.2.2 Accessibility of auxiliary and control equipment

Auxiliary and control equipment requiring attention during service shall be accessible without danger of direct contact with high-voltage parts.

Where the reduction of safety distances above the servicing level due to abnormal environmental conditions (for example accumulation of snow, sand, etc.) needs to be considered, the minimum height of live parts above it shall be increased.

5.4.3 Fire hazard

5.4.3.1 General

As the risk of fire is present in auxiliary and control circuits, the likelihood of fire shall be reduced under conditions of normal use, and even in the event of foreseeable abnormal use, malfunction or failure.

The first objective is to prevent ignition due to an electrically energized part. The second objective is to limit the fire impact, if fire or ignition occurs inside the enclosure.

5.4.3.2 Components and circuit design

In normal operation, heat dissipation of components is generally small. However, a component may, when faulty or in an overload condition resulting from an external fault, generate excess heat such that fire may be initiated.

The manufacturer should take every care so that, by appropriate circuit design and protections, internal faults or overload conditions will not give rise to fire hazard. The manufacturer should design or choose components which have a power rating higher than necessary under normal conditions and self-ignition characteristics determined with respect to the maximum fault power of the circuit. Special attention should be given to resistors.

Consideration should be given to the assembly of components and the relative arrangement of those that may dissipate excessive heat by providing around them sufficient space.

5.4.3.3 Managing fire impact

Provisions should be taken in order to manage fire impact. Enclosures should be constructed, insulated, made watertight, etc. with materials sufficiently resistant to probable ignition and heat sources situated within. The manufacturer should consider that, if it ignites, a component may emit melted flaming material and/or glowing particles.

5.4.4 Components installed in enclosures

5.4.4.1 Selection of components

Components installed in enclosures shall comply with the requirements of the relevant IEC standards. Where an IEC standard does not exist, or the component is qualified with reference to another standard (issued by a country or another organization), the criteria for selection should be agreed between the manufacturer and the user.

All components used in the auxiliary and control circuits shall be designed or selected to be operational with their rated characteristics over the whole actual service conditions inside auxiliary and control circuits enclosures that can differ from the external service conditions specified in clause 2.

Suitable precautions (insulation, heating, ventilation, etc.) shall be taken to ensure that those service conditions essential for proper functioning are maintained, for example, heaters to maintain the required minimum temperature for the correct operation of relays, contactors, low-voltage switches, meters, counters, push-buttons, etc. according to the relevant specifications.

The loss of those precaution means shall not cause failures of the components nor untimely operation of switchgear and controlgear. The operation of switchgear and controlgear shall be possible during 2 h after the loss of those means. After this period, a non-operation of the switchgear and controlgear with its associated auxiliary and control circuit is acceptable provided that the functionality resets to its original characteristics when environmental conditions inside the enclosure for auxiliary and control circuits are back to the specified service conditions.

Where heating is essential for correct functioning of the equipment, monitoring of the heating circuit shall be provided.

In the case of switchgear and controlgear designed for outdoor installation, suitable arrangements (ventilation and/or internal heating, etc.) shall be made to prevent harmful condensation in low-voltage control and auxiliary circuits enclosures.

Polarity reversal at the interfacing point shall not damage auxiliary and control circuits.

5.4.4.2 Installation of components

Components shall be installed in accordance with the instructions of their manufacturer.

5.4.4.3 Accessibility

Closing and opening actuators and emergency shut-down system actuators should be located between 0,4 m and 2 m above servicing level. Other actuators should be located at such a height that they can be easily operated, and indicating devices should be located at such a height that they can be easily readable.

Structure-mounted or floor-mounted enclosures for low-voltage auxiliary and control circuits should be installed at such a height, with respect to the servicing level, that the above requirements for accessibility, operating and reading heights are met.

Components in enclosures should be so arranged as to be accessible for mounting, wiring, maintenance and replacement. Where a component may need adjustment during its service life, easy access should be considered without danger of electrical shock.

5.4.4.4 Identification

Identification of components installed in enclosures is the responsibility of the manufacturer and it shall be in agreement with the indication on the wiring diagrams and drawings. If a component is of the plug-in type, an identifying mark should be placed on the component and on the fixed part where the component plugs in.

Where mixing of components or voltages could cause confusion, consideration should be given to more explicit marking.

5.4.4.5 Requirements for auxiliary and control circuit components

5.4.4.5.1 Cables and wiring

The nominal cross-sectional area and characteristics of conductors and electric cables shall comply with the requirements of IEC 60228.

The insulation on cables shall comply with applicable IEC standards (for example, polyvinyl chloride insulated cables shall comply with the requirements of IEC 60227 or IEC 60502-1, rubber insulated cables shall comply with the requirements of IEC 60245, etc.).

The choice of cables to connect together control and auxiliary circuit enclosures is the responsibility of the manufacturer. The choice is governed by the current that must be carried, by the voltage drop and the current transformer burden, by the mechanical stresses to which the cable is subjected and by the type of insulation. The choice of conductors in enclosures is also the responsibility of the manufacturer.

Suitable means shall be provided for the connection of external wiring, for example terminal blocks, plug-in terminations, etc.

Cables between two terminal blocks shall have no intermediate splices or soldered joints. Connections shall be made at fixed terminals.

Insulated conductors shall be adequately supported and shall not rest against sharp edges.

Wiring should take into account the proximity of heating elements.

The available wiring space shall permit spreading of the cores of multi-core cables and the proper termination of the conductors. The conductors shall not be subjected to stresses that reduce their normal life.

Conductors connected to apparatus and indicating devices in covers or doors shall be so installed that no mechanical damage can occur to the conductors as a result of movement of these covers or doors.

Only one conductor should be connected to a terminal; the connection of two or more conductors to one terminal is permissible only in those cases where the terminal is designed for this purpose.

The method and extent of identification of conductors, for example by numbers, colours or symbols, is the responsibility of the manufacturer. Identification of conductors shall be in agreement with the wiring diagrams and drawings, and the specification of the user, if applicable. This identification may be limited to the ends of the conductors. Where appropriate, identification of wiring according to IEC 60445 may be applied.

5.4.4.5.2 Terminals

Terminal blocks intended to connect round copper conductors shall comply with the requirements of IEC 60947-7-1.

Protective conductor terminal blocks intended to connect round copper conductors shall comply with the requirements of IEC 60947-7-2.

Terminals shall maintain the necessary contact pressure, corresponding to the current rating and the short-circuit current of circuits.

Terminal blocks for wiring components inside the enclosure shall be chosen according to the cross-section of the conductors used.

If facilities are provided for connecting incoming and outgoing neutral, protective and PEN conductors, they shall be situated in the vicinity of the associated phase conductor terminal.

Identification of terminals shall comply with the requirements of IEC 60445 and shall be in agreement with the indications on the wiring diagrams and drawings, and the specification of the user, if applicable.

5.4.4.5.3 Auxiliary switches

Auxiliary switches shall be suitable for the number of electrical and mechanical operating cycles specified for the switching device.

Auxiliary switches, which are operated in conjunction with the main contacts, shall be positively driven in both directions. However, in some cases where the speed of the operating mechanism is not very fast and by agreement between the manufacturer and the user, a set of two one-way positively driven auxiliary contacts (one for each direction) can be used, provided that dependability constraints are satisfied.

5.4.4.5.4 Auxiliary and control contacts

Auxiliary and control contacts shall be suitable for their intended duty in terms of environmental conditions (see 5.4.3.1), making and breaking capacity and timing of the operation of the auxiliary and control contacts in relation to the operation of the main equipment.

Auxiliary and control contacts shall be suitable for the number of electrical and mechanical operating cycles specified for the switching device.

Where an auxiliary contact is made available to the user, the technical documents provided by the manufacturer should contain information regarding the class of this contact.

The operational characteristics of the auxiliary contacts should comply with one of the classes shown in table 16.

Table 16 – Auxiliary contacts classes

DC current				
Class	Rated continuous current	Rated short-time withstand current	Breaking capacity	
			$\leq 48 \text{ V}$	$110 \text{ V} \leq U_a \leq 250 \text{ V}$
1	10 A	100 A/30 ms		440 W
2	2 A	100 A/30 ms		22 W
3	200 mA	1 A/30 ms	50 mA	

NOTE 1 This table refers to auxiliary contacts [IEV 441-15-10] which are included in an auxiliary circuit and mechanically operated by the switching device. Control contacts [IEV 441-15-09] which are included in a control circuit of a mechanical switching device may be concerned by this table.

NOTE 2 If no sufficient current is flowing through the contact, oxidation may increase the resistance. Therefore, a minimum value of current may be required for class 1 contact.

NOTE 3 In the case of the application of static contacts, the rated short-time withstand current may be reduced if current limiting equipment, other than fuses, is employed.

NOTE 4 For all classes, breaking capacity is based on a circuit time constant of not less than 20 ms with a relative tolerance of $^{+20}_0$ %.

NOTE 5 An auxiliary contact which complies with class 1, 2 or 3 for d.c. is normally able to handle corresponding a.c. current and voltage.

NOTE 6 Class 3 contacts are not intended to be subjected to full substation auxiliary supply short-circuit current. Class 1 and 2 contacts are intended to be subjected to full substation auxiliary supply short-circuit current.

NOTE 7 Breaking current at a defined voltage value between 110 V and 250 V may be deduced from the indicated power value for class 1 and class 2 contacts (for example 2 A at 220 V d.c. for a class 1 contact).

The number of free auxiliary contacts and the class of each one shall be specified to the manufacturer in accordance with clause 9 of the relevant equipment standard. For particular applications, different values may be specified to the manufacturer in accordance with clause 9 of the relevant equipment standard.

Examples of the three contact classes are shown in figure 4.

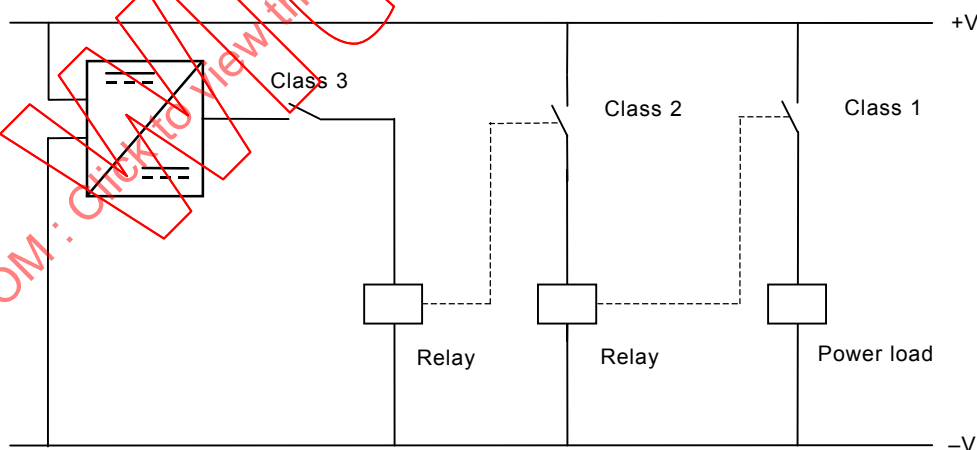


Figure 4 – Examples of classes of contacts

5.4.4.5.5 Contacts other than auxiliary and control contacts

A contact other than an auxiliary or control contact is a contact driven by a component (relay, contactor, low-voltage switch, etc.) used in the auxiliary and control circuits.

Where a contact other than an auxiliary or control contact is made available to the user, the technical documents provided by the manufacturer should include the rated continuous current and making and breaking capacity of this contact.

The user is responsible for ensuring that the contact performance is adequate for the task.

The number of contacts provided shall be specified to the manufacturer in accordance with clause 9 of the relevant equipment standard.

5.4.4.5.6 Relays

All-or-nothing relays shall comply with the requirements of the applicable parts of IEC 61810.

IEC 61810-1 sets the recommended rated voltages for relays and the recommended limits of the operating range for these voltages. For all relays chosen for the rated supply voltage of the auxiliary and control circuits, the limits of the operating range in IEC 61810-1 allow the relays to meet the limits required in 4.8.

Where a relay is chosen and used at a voltage different from the rated voltage of auxiliary and control circuits, suitable means shall be provided to allow it to operate correctly within the limits of the operating range required in 4.8 (for example, provision of a series resistor).

Thermal electrical relays for motor protection shall comply with the requirements of IEC 60255-8.

Performance of relay contacts shall comply with the requirements of IEC 60255-23.

Requirements for relay contacts available to the user, if any, are contained in 5.4.4.5.5.

5.4.4.5.7 Contactors and motor-starters

AC and d.c. electromechanical contactors intended for closing and opening electric circuits shall comply with the requirements of IEC 60947-4-1. Where an electromechanical contactor is combined with suitable relays, to provide short-circuit protection, it shall also satisfy the relevant conditions for LV circuit-breakers, as specified in IEC 60947-2.

AC motor-starters intended to start and accelerate motors to normal speed, to ensure continuous operation of motors, to switch off the supply from the motor and to provide means for the protection of motors and associated circuits against operating overloads shall comply with the requirements of IEC 60947-4-1. Overload relays for starters shall also meet the requirements of IEC 60947-4-1.

AC semiconductor motor controllers and starters shall comply with the requirements of IEC 60947-4-2.

Requirements for contactor and motor-starter contacts available to the user, if any, are contained in 5.4.4.5.5.

5.4.4.5.8 Shunt releases

Shunt releases are designed for specific purposes. As no IEC standard exists for shunt releases, they should satisfy the requirements of the relevant equipment standard.

The electrical power of the shunt releases shall be stated by the manufacturer.

5.4.4.5.9 Low-voltage switches

Switches to be used in motor circuits shall comply with the requirements of IEC 60947-3.

Switches to be used in distribution circuits or in final circuits shall comply with the requirements of IEC 60947-3.

Where household switches are applied in final circuits, they shall comply with the requirements of IEC 60669-1.

Manual control switches, for example push-buttons, rotary switches, etc. shall comply with the requirements of IEC 60947-5-1. Suggested colours for these switches are given in IEC 60073. Suggested graphical symbols for use on equipment are given in IEC 60417. Where a user has no specific local requirements, it is recommended that the colouring and labelling of manual control switches be in accordance with these two publications.

Requirements for any contacts of manual control switches that are made available to the user are contained in 5.4.4.5.5.

Pilot switches, for example pressure switches, temperature switches, etc. shall comply with the requirements of IEC 60947-5-1. Where household thermostats are applied, they shall comply with the requirements of IEC 60730-2-9 that sets the particular requirements for automatic electrical temperature sensing controls for household and similar use. Where household humidity sensing controls are applied, they shall comply with the requirements of IEC 60730-2-13, which sets the particular requirements for automatic electrical humidity sensing controls for household and similar use. Requirements for any pilot switch contacts that are made available to the user are contained in 5.4.4.5.5.

Lever (toggle) switches shall comply with the requirements of IEC 61020-4. Requirements for any lever switch contacts that are made available to the user are contained in 5.4.4.5.5.

5.4.4.5.10 Low-voltage circuit-breakers

Low-voltage circuit-breakers shall comply with the requirements of IEC 60947-2.

Low-voltage circuit-breakers incorporating residual current protection shall also comply with IEC 60947-2.

5.4.4.5.11 Low-voltage fuses

Low-voltage fuses shall comply with the requirements of IEC 60269-1.

Supplementary requirements concerning fuses mainly for industrial application are covered by IEC 60269-2. IEC 60269-2-1 gives three examples of fuse systems as standardized systems with respect to their safety aspects.

5.4.4.5.12 Low-voltage disconnectors

Low-voltage disconnectors shall comply with IEC 60947-3.

5.4.4.5.13 Motors

Rotating electrical machines shall comply with the requirements of the applicable subclauses of IEC 60034-1.

5.4.4.5.14 Heating elements

All heating elements shall be of the non-exposed type. Heaters shall be situated so that they do not cause any deterioration in the wiring or in the operation of the components.

Where contact with a heater or shield can occur accidentally, the surface temperature shall not exceed the temperature-rise limits for accessible parts which need not be touched in normal operation, as specified in table 3.

5.4.4.5.15 Meters

Direct-acting indicating analogue electrical measuring instruments and their accessories shall comply with the requirements of the applicable parts of IEC 60051. Ammeters and voltmeters shall comply with the requirements of IEC 60051-2. Frequency meters shall comply with the requirements of IEC 60051-4. Phase meters, power factor meters and synchroscopes shall comply with the requirements of IEC 60051-5.

Digital electronic d.c. voltmeters and d.c. electronic analogue-to-digital converters shall comply with the requirements of IEC 60485.

5.4.4.5.16 Counters

Counters shall be suitable for their intended duty in terms of environmental conditions and for the number of electrical and mechanical operating cycles specified for the switching devices.

5.4.4.5.17 Indicator lights

Indicator lights are associated with the control circuit equipment. Therefore, they shall meet the requirements of IEC 60947-5-1.

Suggested colours for indicator lights are given in IEC 60073. Suggested graphical symbols for use on equipment are given in IEC 60417. Where a user has no specific local requirements, it is recommended that the colouring and labelling of any indicator lights be in accordance with these two publications.

5.4.4.5.18 Plugs, socket-outlets and couplers

Plugs and socket-outlets primarily intended for industrial use, either indoors or outdoors, shall comply with the requirements of IEC 60309-1 and IEC 60309-2.

Where a household socket-outlet is installed, it shall comply with the requirements of IEC 60083 that sets the particular requirements for plugs and socket-outlets for domestic and similar use.

Cable couplers primarily intended for industrial use, either indoors or outdoors, shall comply with the requirements of IEC 60309-1 and IEC 60309-2.

Appliance couplers primarily intended for industrial use, either indoors or outdoors, shall comply with the requirements of IEC 60309-1 and IEC 60309-2.

Other connectors shall comply with the requirements of the applicable parts of IEC 60130.

5.4.4.5.19 Printed boards

Printed boards used to connect conventional components (for example, relays) are considered to be conventional equipment. Printed boards shall comply with the requirements of the applicable parts of IEC 60326.

5.4.4.5.20 Resistors

Fixed power resistors, rated over 1 W and under 1 000 W, shall comply with the requirements of IEC 60115-4.

Potentiometers shall comply with the requirements of IEC 60393-1.

5.4.4.5.21 Illumination

In some enclosures, for example enclosures containing manual operating means (handles, push-buttons, etc.), lighting should be considered. Where lighting is installed, consideration should be given to the heat and electromagnetic noise produced by the lighting on the auxiliary and control-circuit components.

Tungsten filament lamps shall comply with the requirements of IEC 60064.

Fluorescent illumination shall comply with requirements of IEC 60081.

5.4.4.5.22 Coils

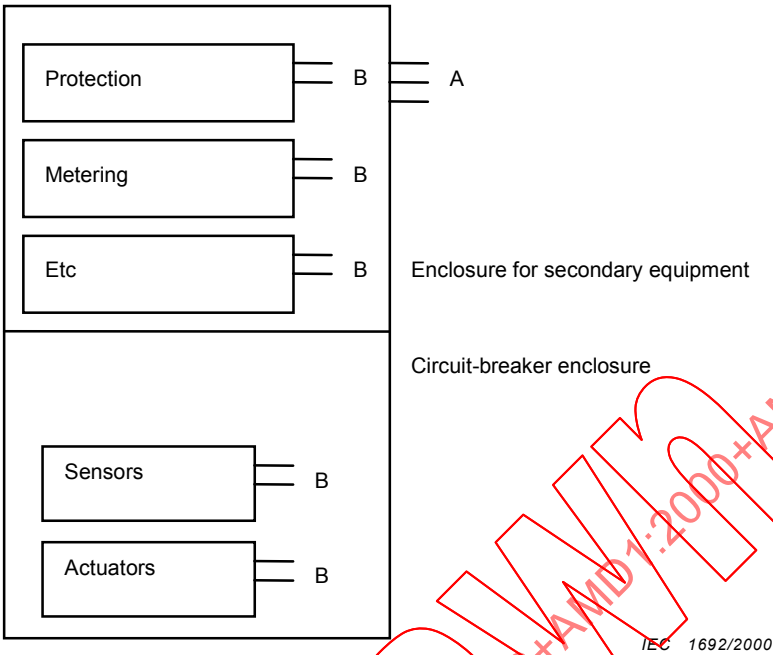
Coils not covered by a component standard shall be suitable for their intended duty (for example, with respect to temperature rise, dielectric withstand, etc.).

5.4.5 Secondary systems

In many cases, the secondary system may be divided into a number of subassemblies, such as the central control cubicle of a circuit-breaker, or the complete control cubicle of a circuit-breaker in a gas-insulated substation (GIS) bay. Examples are shown in figures 5, 6, 7 and 8.

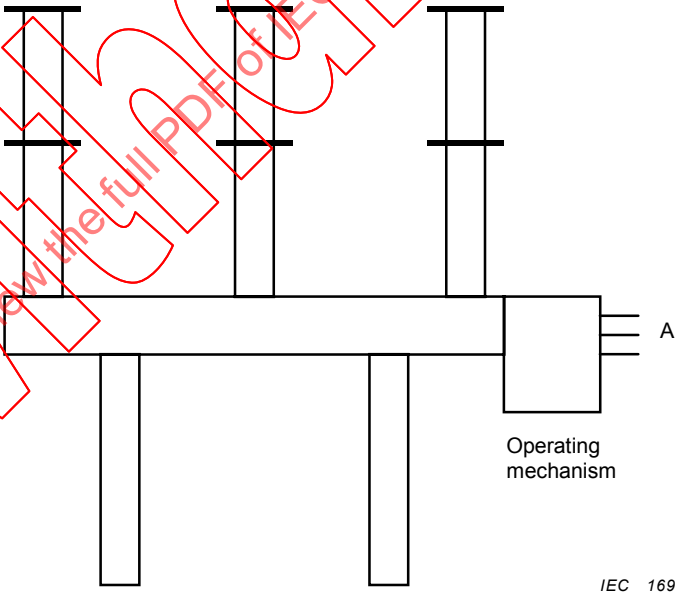
Interchangeable subassemblies may be placed in different position within the secondary system or replaced by other similar subassemblies.

NOTE In practice, there is a wide variation in the complexity of equipment within the secondary system. In some cases the system may consist of only some auxiliary all-or-nothing relays, signal cabling and terminal blocks. In other cases, complete equipment for protection, control and measurement is included.



- A External interface, for total secondary system
B Internal interface, for subassembly

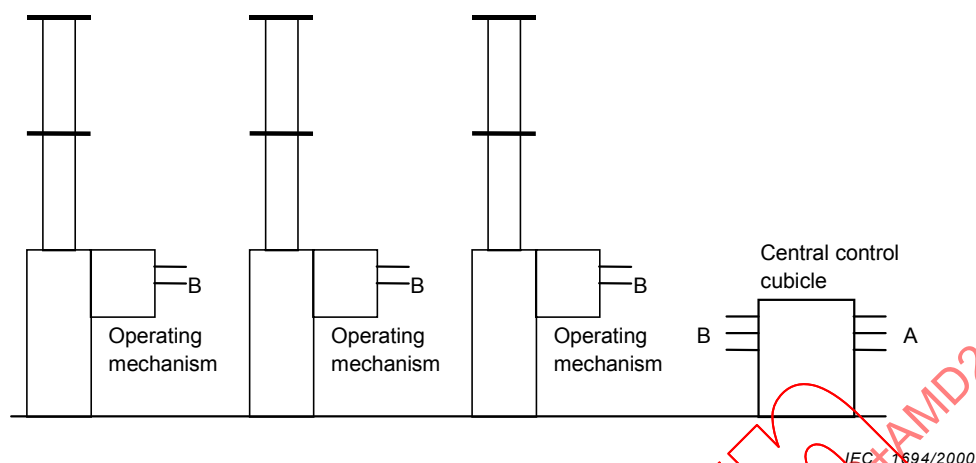
Figure 5 – Example of secondary system in medium voltage cubicle



- A External interface, for total secondary system

NOTE Subassemblies may be defined within the cubicle in line with figure 5.

Figure 6 – Example of secondary system of air insulated circuit-breaker with single mechanism

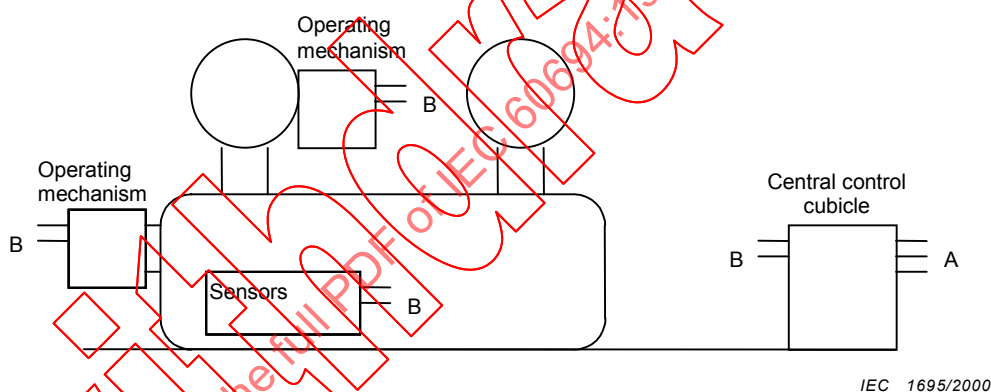


A External interface, for total secondary system

B Internal interface, for subassembly

NOTE Subassemblies may be defined within each cubicle in line with figure 5.

Figure 7 – Example of secondary system of air insulated circuit-breaker with separate control cubicle



A External interface, for total secondary system

B Internal interface, for subassembly

NOTE Subassemblies may be defined within each cubicle in line with figure 5.

Figure 8 – Example of secondary system for GIS bay

5.5 Dependent power operation

A switching device arranged for dependent power operation with external energy supply shall be capable of making and/or breaking its rated short-circuit current (if any) when the voltage or the pressure of the power supply of the operating device is at the lower of the limits specified under 4.8 and 4.10 (the term "operating device" here embraces intermediate control relays and contactors where provided). If maximum closing and opening times are stated by the manufacturer, these shall not be exceeded.

Except for slow operation during maintenance, the main contacts shall only move under the action of the drive mechanism and in the designed manner. The closed or open position of the main contacts shall not change as a result of loss of the energy supply or the re-application of the energy supply after a loss of energy, to the closing and/or opening device.

5.6 Stored energy operation

A switching device arranged for stored energy operation shall be capable of making and breaking its rated short-circuit current (if any), when the energy store is suitably charged in accordance with 5.6.1 or 5.6.2. If maximum closing and opening times are stated by the manufacturer, these shall not be exceeded.

Except for slow operation during maintenance, the main contacts shall only move under the action of the drive mechanism and in the designed manner, and not in the case of re-application of the energy supply after a loss of energy.

5.6.1 Energy storage in gas receivers or hydraulic accumulators

When the energy store is a gas receiver or hydraulic accumulator, the requirements of 5.6 apply at operating pressures between the limits specified in items a) and b):

a) External pneumatic or hydraulic supply

Unless otherwise specified by the manufacturer, the limits of the operating pressure are between 85 % and 110 % of rated pressure.

These limits do not apply where receivers also store compressed gas for interruption.

b) Compressor or pump integral with the switching device or the operating device

The limits of operating pressure shall be stated by the manufacturer.

5.6.2 Energy storage in springs (or weights)

When the energy store is a spring (or weight), the requirements of 5.6 apply when the spring is charged (or the weight lifted). It shall not be possible for the moving contacts to move from the open position unless the charge is sufficient for satisfactory completion of the closing operation.

5.6.3 Manual charging

If a spring (or weight) is charged by hand, the direction of motion of the handle shall be marked. A device indicating when the spring (or weight) is charged shall be mounted on the switching device except in the case of an independent manual closing operation.

The maximum actuating force required for manually charging a spring (or weight) shall not exceed 250 N.

5.6.4 Motor charging

Motors, and their electrically operated auxiliary equipment for charging a spring (or weight) or for driving a compressor or pump, shall operate satisfactorily between 85 % and 110 % of the rated supply voltage (see 4.8), the frequency, in the case of a.c., being the rated supply frequency (see 4.9).

NOTE For electric motors the limits do not imply the use of non-standard motors, but only the selection of a motor which at these values provides the necessary effort, and the rated voltage of the motor need not coincide with the rated supply voltage of the closing device.

In addition a means of charging a spring or weight by hand shall be provided if specified to the manufacturer; such means shall comply with 5.6.3.

5.7 Independent manual operation

In the case of an independent manually operated switch or earthing switch – if stated by the manufacturer – to avoid the untimely reopening of the apparatus after closing on a short circuit, a defined time delay should be introduced between the closing and opening operation by suitable means. This time delay shall be not less than the rated duration of the short circuit (see 4.7).

5.8 Operation of releases

The operation limits of releases shall be as follows.

5.8.1 Shunt closing release

A shunt closing release shall operate correctly between 85 % and 110 % of the rated supply voltage of the closing device (see 4.8), the frequency, in the case of a.c., being the rated supply frequency of the closing device (see 4.9).

5.8.2 Shunt opening release

A shunt opening release shall operate correctly under all operating conditions of the switching device up to its rated short-circuit breaking current, and between 70 % in the case of d.c. – or 85 % in the case of a.c. – and 110 % of the rated supply voltage of the opening device (see 4.8), the frequency in the case of a.c. being the rated supply frequency of the opening device (see 4.9).

5.8.3 Capacitor operation of shunt releases

When, for stored energy operation of a shunt release, a rectifier-capacitor combination is provided as an integral part of the switching device, the charge of the capacitors to be derived from the voltage of the main circuit, the capacitors shall retain a charge sufficient for satisfactory operation of the release 5 s after the voltage supply has been disconnected from the terminals of the combination and replaced by a short-circuiting link. The voltages of the main circuit before disconnection shall be taken as the lowest voltage of the system associated with the rated voltage of the switching device (see IEC 60038 for the relation between "highest voltage for equipment" and system voltages).

5.8.4 Under-voltage release

An under-voltage release shall operate to open the switching device when the voltage at the terminals of the release falls below 35 % of its rated voltage, even if the fall is slow and gradual.

On the other hand, it shall not operate the switching device when the voltage at its terminals exceeds 70 % of its rated supply voltage.

The closing of the switching device shall be possible when the values of the voltage at the terminals of the release are equal to or higher than 85 % of its rated voltage. Its closing shall be impossible when the voltage at the terminals is lower than 35 % of its rated supply voltage.

5.9 Low- and high-pressure interlocking and monitoring devices

Where low-pressure or high-pressure interlocking devices are provided in operating mechanism systems, they shall be such that they can be set to operate at, or within, the appropriate limits of pressure stated by the manufacturer, in accordance with 5.6.1 and with relevant IEC specifications.

Closed pressure systems filled with compressed gas for insulation and/or operation and having a minimum functional pressure for insulation and/or operation above 0,2 MPa (absolute pressure), shall be provided with pressure (or density) monitoring devices, to be continuously, or at least periodically, checked as part of the maintenance programme, taking into account the relevant IEC standards. For switchgear and controlgear having a minimum functional pressure not higher than 0,2 MPa (absolute pressure), such means should be subject to agreement between manufacturer and user.

5.10 Nameplates

Switchgear and controlgear and their operating devices shall be provided with name-plates which contain the necessary information such as the name or mark of the manufacturer, the year of manufacture, the manufacturer's type designation, the serial number, the rated characteristics etc. as specified in the relevant IEC standards.

For outdoor switchgear and controlgear, the nameplates and their fixings shall be weather-proof and corrosion-proof.

If the switchgear and controlgear consist of several poles with independent operating mechanisms, each pole shall be provided with a nameplate.

For an operating device combined with a switching device, it may be sufficient to use only one combined nameplate.

Technical characteristics on nameplates and/or in documents which are common to several kinds of high-voltage switchgear and controlgear shall be represented by the same symbols. Such characteristics and their symbols are:

– rated voltage	U_r
– rated lightning impulse withstand voltage ¹⁾	U_p
– rated switching impulse withstand voltage ¹⁾	U_s
– rated power-frequency withstand voltage ¹⁾	U_d
– rated normal current	I_r
– rated short-time withstand current	I_k
– rated peak withstand current	I_p
– rated frequency	f_r
– rated duration of short circuit	t_k
– rated auxiliary voltage	U_a
– rated filling pressure (density) for insulation	$p_{re} (p_{re})$
– rated filling pressure (density) for operation	$p_{rm} (p_{rm})$
– alarm pressure (density) for insulation	$p_{ae} (p_{ae})$
– alarm pressure (density) for operation	$p_{am} (p_{am})$
– minimum functional pressure (density) for insulation	$p_{me} (p_{me})$
– minimum functional pressure (density) for operation	$p_{mm} (p_{mm})$

Other characteristics (such as type of gas or temperature class) being specialized shall be represented by the symbols which are used in the relevant standards.

¹⁾ The values to be used for nameplates are phase-to-earth values.

5.11 Interlocking devices

Interlocking devices between different components of equipment may be required for reasons of safety and convenience of operation (for example between a switching device and the associated earthing switch).

These interlocking devices shall be provided subject to agreement between manufacturer and user.

Switching devices, the incorrect operation of which can cause damage or which are used for assuring isolating distances, shall be provided with locking facilities as specified to the manufacturer (for example, provision of padlocks).

An interlocking device is a system made of components (it may contain mechanical parts, cables, contactors, coils, etc.). Each component shall be considered as a part of auxiliary and control equipment (see 5.4).

5.12 Position indication

Clear and reliable indication shall be provided of the position of the contacts of the main circuit in case of non-visible contacts. It shall be possible to easily check the state of the position-indicating device when operating locally.

The colours of the position-indicating device in the open, closed, or, where appropriate, earthed position shall be in accordance with IEC 60073.

The closed position shall be marked, preferably with a I (as per symbol 417-IEC-5007-a of IEC 60417). The open position shall be marked, preferably with a O (as per symbol 417-IEC-5008-a of IEC 60417).

Alternatively, in the case of a multi-function device, the positions may be marked with graphical symbols for diagrams of IEC 60617.

5.13 Degrees of protection by enclosures

Degrees of protection according to IEC 60529, shall be specified for all enclosures of high-voltage switchgear and controlgear containing parts of the main circuit allowing penetration from outside as well as for enclosures for appropriate low-voltage control and/or auxiliary circuits and mechanical operating equipment of all high-voltage switchgear, controlgear and switching devices.

The degrees of protection apply to the service condition of the equipment.

NOTE The degrees of protection may be different for other conditions such as maintenance, testing, etc.

5.13.1 Protection of persons against access to hazardous parts and protection of the equipment against ingress of solid foreign objects

The degree of protection of persons provided by an enclosure against access to hazardous parts of the main circuit, control and/or auxiliary circuits and to any hazardous moving parts (other than smooth rotating shafts and slowly moving linkages) shall be indicated by means of a designation specified in table 6.

The first characteristic numeral indicates the degree of protection provided by the enclosure with respect to persons, as well as of protection of the equipment inside the enclosure against ingress of solid foreign bodies.

If only the protection against access to hazardous parts is requested or if it is higher than that indicated by the first characteristic numeral, an additional letter may be used as in table 6.

Table 6 gives details of objects which will be "excluded" from the enclosure for each of the degrees of protection. The term "excluded" implies that solid foreign objects will not enter fully the enclosure and that a part of the body or an object held by a person, either will not enter the enclosure or, if it enters, that adequate clearance will be maintained and no hazardous moving part will be touched.

5.13.2 Protection against ingress of water

No degrees of protection against harmful ingress of water as per the second characteristic numeral of the IP-code is specified (second characteristic numeral X).

Equipment for outdoor installation provided with additional protection features against rain and other weather conditions shall be specified by means of the supplementary letter W placed after the second characteristic numeral, or after the additional letter, if any.

5.13.3 Protection of equipment against mechanical impact under normal service conditions

Enclosures of enclosed switchgear and controlgear shall be of sufficient mechanical strength (possible corresponding tests are specified in 6.7.2).

For indoor installation, the proposed impact level is 2 J.

For outdoor installation without additional mechanical protection, higher impact levels may be specified, subject to an agreement between manufacturer and user.

Table 6 – Degrees of protection

Degree of protection	Protection against ingress of solid foreign bodies	Protection against access to hazardous parts
IP1XB	Objects of 50 mm diameter and greater	Access with a finger (test-finger 12 mm diameter, 80 mm long)
IP2X	Objects of 12,5 mm diameter and greater	Access with a finger (test-finger 12 mm diameter, 80 mm long)
IP2XC	Objects of 12,5 mm diameter and greater	Access with a tool (test-rod 2,5 mm diameter, 100 mm long)
IP2XD	Objects of 12,5 mm diameter and greater	Access with a wire (test-wire 1,0 mm diameter, 100 mm long)
IP3X	Objects of 2,5 mm diameter and greater	Access with a tool (test-rod 2,5 mm diameter, 100 mm long)
IP3XD	Objects of 2,5 mm diameter and greater	Access with a wire (test-wire 1,0 mm diameter, 100 mm long)
IP4X	Objects of 1,0 mm diameter and greater	Access with a wire (test-wire 1,0 mm diameter, 100 mm long)
IP5X	Dust The ingress of dust is not totally prevented, but does not penetrate in a quantity or at a location such that it can interfere with satisfactory operation of apparatus or to impair safety.	Access with a wire (test-wire 1,0 mm diameter, 100 mm long)
NOTE 1 The designation of the degree of protection corresponds to IEC 60529. NOTE 2 In the case of IP5X category 2 of 13.4 of IEC 60529, is applicable. NOTE 3 If only the protection against access to hazardous parts is concerned, the additional letter is used and the first numeral is replaced by an X.		

5.14 Creepage distances

IEC 60815 gives general rules that assist in choosing insulators which should give satisfactory performance under polluted conditions.

The minimum nominal creepage distance of an outdoor external ceramic or glass insulator situated between phase and earth, between phases or across the terminals of a pole of a circuit-breaker or a switch, is determined by the relation:

$$l_t = a \times l_f \times U_r \times k_D$$

where

l_t is the minimum nominal creepage distance (mm) (see note 1);

a is the application factor selected in relation to the type of insulation according to table 7;

l_f is the minimum nominal specific creepage distance according to table II of IEC 60815 (mm/kV) (see note 2);

U_r is the rated voltage of the switchgear and controlgear;

k_D is the correction factor due to diameter (see 5.3 of IEC 60815).

NOTE 1 For the actual creepage distance, the specified manufacturing tolerances are applicable (see IEC 60273 and IEC 60233).

NOTE 2 Ratio of the creepage distance measured between phase and earth divided by U_r .

Table 7 – Application factors for creepage distances

Application to insulation	Application factor a
Between phase and earth	1,0
Between phases	$\sqrt{3}$
Across open contacts of a circuit-breaker or a switch	1,0
NOTE 1 Switching devices that may be exposed to out-of-phase conditions may need a somewhat longer creepage distance across the open contacts. An application factor $a = 1,15$ has been suggested for such applications.	
NOTE 2 Non-vertical insulators liable to be covered with melting polluted snow may require a longer creepage distance.	

5.15 Gas and vacuum tightness

The following specifications apply to all switchgear and controlgear which use vacuum or gas, other than air at atmospheric pressure, as an insulating, combined insulating and interrupting, or operating medium. Annex E gives some information, examples and guidance for tightness.

5.15.1 Controlled pressure systems for gas

The tightness of controlled pressure systems for gas is specified by the number of replenishments per day (N) or by the pressure drop per day (Δp). The permissible values shall be given by the manufacturer.

5.15.2 Closed pressure systems for gas

The tightness characteristic of a closed pressure system stated by the manufacturer shall be consistent with a minimum maintenance and inspection philosophy.

The tightness of closed pressure systems for gas is specified by the relative leakage rate F_{rel} of each compartment; standardized values are 1 % and 3 % per year.

NOTE These values can be used to calculate times between replenishments, T , outside extreme conditions of temperature or frequency of operations.

The possible leakages between sub-assemblies having different pressures are also to be taken into account. In the particular case of maintenance in a compartment when adjacent compartments contain gas under pressure, the permissible gas leakage rate across partitions should also be stated by the manufacturer, and the time between replenishments shall be not less than one month.

Means shall be provided to enable gas systems to be safely replenished whilst the equipment is in service.

5.15.3 Sealed pressure systems

The tightness of sealed pressure systems is specified by their expected operating life.

The standard values are 20 years and 30 years.

5.16 Liquid tightness

The following specifications apply to all switchgear and controlgear which use liquids as insulating, or combined insulating and interrupting, or control medium with or without permanent pressure.

5.16.1 Controlled pressure systems for liquid

The tightness of controlled pressure systems for liquid is specified by the number of replenishments per day, N_{liq} or by the pressure drop, Δp_{liq} without replenishment, both caused by the leakage rate F_{liq} .

The permissible values shall be given by the manufacturer.

5.16.2 Closed pressure systems for liquid

The tightness level of closed pressure systems for liquid, pressurized or not, shall be specified by the manufacturer.

5.16.3 Tightness levels for liquid

The tightness level for liquid shall be indicated by the manufacturer. A clear distinction shall be made between internal and external tightness.

- a) total tightness: no liquid loss can be detected;
- b) relative tightness: slight loss is acceptable under the following conditions:
 - the leakage rate, F_{liq} shall be less than the permissible leakage rate, $F_{\text{p(liq)}}$;
 - the leakage rate, F_{liq} shall not continuously increase with time or in the case of switching devices, with number of operations;
 - the liquid leakage shall cause no malfunction of the switchgear or controlgear, nor cause any injury to operators in the normal course of their duty.

5.17 Flammability

The materials shall be chosen and the parts designed such that they retard the propagation of any flame resulting from accidental overheating in the switchgear and controlgear.

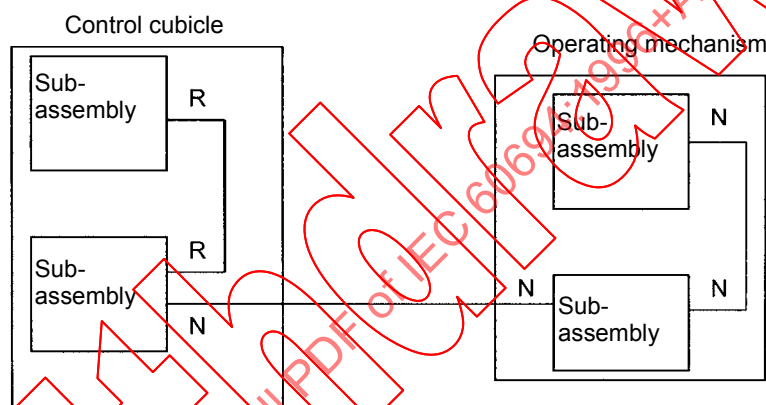
5.18 Electromagnetic compatibility (EMC)

The secondary system shall be able to withstand electromagnetic disturbances, stated in 2.1, without damage or malfunction. This applies both under normal operation and under switching conditions, including interruption of fault currents in the main circuit.

Two EMC severity classes are defined for interfaces or ports of secondary systems or subassemblies:

- normal EMC severity class:
 - interfaces or ports situated close to the primary, high-voltage system;
 - interfaces or ports intended for connection between cubicles within a secondary system;
- reduced EMC severity class: interfaces or ports intended for connection only within a cubicle, not situated close to the primary, high-voltage system.

A complete secondary system may consist of parts belonging to both classes. An example is shown in figure 9.



IEC 1696/2000

N Normal EMC severity class
R Reduced EMC severity class

Figure 9 – Example of choice of EMC severity class

NOTE General guidance regarding EMC and considerations to improve EMC are given in IEC 61000-5-1 and IEC 61000-5-2. The magnitude of induced voltages in a secondary system depends both on the secondary system itself and on conditions such as the earthing and rated voltage of the main circuit.

6 Type tests

6.1 General

The type tests are for the purpose of proving the characteristics of switchgear and controlgear, their operating devices and their auxiliary equipment.

6.1.1 Grouping of tests

The type tests shall be carried out on a maximum of four test specimens unless otherwise specified in the relevant IEC standards.

NOTE The rationale behind the specification of four test specimens is to give increased confidence to users that the switchgear and controlgear tested is representative of that which will be delivered (in the limit, this would require all tests to be carried out on a single specimen), whilst allowing manufacturers to carry out testing at separate laboratories for different groups of tests.

Each test specimen of switchgear and controlgear shall truly conform to drawings and be fully representative of its type and shall be subjected to one or more type tests.

For convenience of testing, the type tests may be grouped. An example of a possible grouping is shown in table 8 below.

Table 8 – Example of grouping of type tests

Group	Type tests	Subclause
1	Dielectric tests on main, auxiliary and control circuits	6.2
	Radio interference voltage (r.i.v.) test	6.3
2	Measurement of resistance of the main current path	6.4
	Temperature rise tests	6.5
3	Short-time withstand current and peak withstand current tests	6.6
	Making and breaking tests	See relevant IEC standard
4	Tests to verify the degrees of protection of enclosures	6.7
	Tightness tests (where applicable)	6.8
	Mechanical tests	} See relevant IEC standard
	Environmental tests	

Where additional type tests are necessary, these are specified in the relevant IEC standard.

Each individual type test shall be made in principle on complete switchgear and controlgear (but see 3.2.2) in the condition as required for service (filled with the specified types and quantities of liquid or gas at specified pressure and temperature), on their operating devices and auxiliary equipment, all of which in principle shall be in, or restored to, a new and clean condition at the beginning of each type test.

Reconditioning during individual type tests may be allowed, according to the relevant IEC standard. The manufacturer shall provide a statement to the testing laboratory of those parts that may be renewed during the tests.

6.1.2 Information for identification of specimens

The manufacturer shall submit to the testing laboratory, drawings and other data containing sufficient information to unambiguously identify by type the essential details and parts of the switchgear and controlgear presented for test. Each drawing or data schedule shall be uniquely referenced and shall contain a statement to the effect that the manufacturer guarantees that the drawings or data schedules truly represent the switchgear and controlgear to be tested.

After completion of verification, detail drawings and other data shall be returned to the manufacturer for storage.

The manufacturer shall maintain detailed design records of all component parts of the switchgear and controlgear tested and shall ensure that these may be identified from information included in the drawings and data schedules.

NOTE Manufacturers whose production systems have been certified for compliance with ISO 9001 or ISO 9002 do satisfy the previously mentioned requirements.

The testing laboratory shall check that drawings and data schedules adequately represent the essential details and parts of the switchgear and controlgear to be tested, but shall not be responsible for the accuracy of the detailed information.

Particular drawings or data required to be submitted by the manufacturer to the test laboratory for identification of essential parts of switchgear and controlgear are specified in annex A.

NOTE An individual type test need not be repeated for a change of construction detail, if the manufacturer can demonstrate that this change does not influence the result of that individual type test.

6.1.3 Information to be included in type-test reports

The results of all type-tests shall be recorded in type-test reports containing sufficient data to prove compliance with the specification, and sufficient information shall be included so that the essential parts of the switchgear and controlgear can be identified. In particular, the following information shall be included:

- manufacturer;
- type designation and serial number of switchgear and controlgear tested;
- rated characteristics of switchgear and controlgear tested as specified in the relevant IEC standard;
- general description (by manufacturer) of switchgear and controlgear tested, including number of poles;
- make, type, serial numbers and ratings of essential parts, where applicable (e.g. operating-mechanisms, interrupters, shunt impedances);
- general details of the supporting structure of the switching device or enclosed switchgear of which the switching device forms an integral part;
- details of the operating-mechanism and devices employed during tests, where applicable;
- photographs to illustrate the condition of switchgear and controlgear before and after test;
- sufficient outline drawings and data schedules to represent the switchgear and controlgear tested;
- reference numbers of all drawings submitted to identify the essential parts of the switchgear and controlgear tested;
- details of the testing arrangements (including diagram of test circuit);
- statements of the behaviour of the switchgear and controlgear during tests, its condition after tests and any parts renewed or reconditioned during the tests;
- records of the test quantities during each test or test duty, as specified in the relevant IEC standard.

6.2 Dielectric tests

Dielectric tests of the switchgear and controlgear shall be performed in compliance with IEC 60060-1, unless otherwise specified in this standard.

Information about dielectric tests is given in annex F.

NOTE Where switchgear and controlgear incorporates voltage-limiting devices which cannot be separated from the switchgear and controlgear, then the complete equipment should be tested in accordance with annex F.

6.2.1 Ambient air conditions during tests

Reference shall be made to IEC 60060-1 regarding standard reference atmospheric conditions and atmospheric correction factors.

For switchgear and controlgear where external insulation in free air is of principal concern, the correction factor K_t shall be applied.

The humidity correction factor shall be applied only for the dry tests where insulation in free air is of principal concern.

For switchgear and controlgear of rated voltage of 52 kV and below, it can be assumed that:

- $m = 1$ and $w = 0$ when the absolute humidity is higher than that of the reference atmosphere, i.e. when $h > 11 \text{ g/m}^3$;
- $m = 1$ and $w = 1$ when the absolute humidity is lower than that of the reference atmosphere, i.e. when $h < 11 \text{ g/m}^3$.

For switchgear and controlgear having external and internal insulation, the correction factor K_t shall be applied if its value is between 0,95 and 1,05. However, in order to avoid over-stressing of internal insulation, the application of the correction factor K_t may be omitted where the satisfactory performance of external insulation has been established. When the correction factor is outside the range of 0,95 and 1,05, details of dielectric tests shall be subject to agreement between manufacturer and user.

For switchgear and controlgear having only internal insulation, the ambient air conditions are of no influence and the correction factor K_t shall not be applied.

For combined tests, parameter g shall be calculated considering the total test voltage value.

6.2.2 Wet test procedure

The external insulation of outdoor switchgear and controlgear shall be subjected to wet withstand tests under the standard wet test procedure given in IEC 60060-1.

6.2.3 Conditions of switchgear and controlgear during dielectric tests

Dielectric tests shall be made on switchgear and controlgear completely assembled, as in service; the outside surfaces of insulating parts shall be in clean condition.

The switchgear and controlgear shall be mounted for test with minimum clearances and height as specified by the manufacturer.

Equipment tested at one height above ground surface level will be deemed to be satisfactory if mounted at a greater height above ground surface level when in service.

When the distance between the poles of switchgear and controlgear is not inherently fixed by the design, the distance between the poles for the test shall be the minimum value stated by the manufacturer. However, to obviate the necessity of erecting large three-pole switchgear and controlgear for test purposes alone, the artificial pollution and the radio interference voltage tests may be made on a single pole and, if the minimum clearance between poles is equal to or larger than those given in tables F.1 and F.3 of IEC 60071-2, all other dielectric tests may be made on a single pole.

When the manufacturer states that supplementary insulation such as tape or barriers is required to be used in service, such supplementary insulation shall also be used during the tests.

If arcing horns or rings are required for the purpose of system protection, they may be removed or their spacing increased for the purpose of the test. If they are required for gradient distribution, they shall remain in position for the test.

For switchgear and controlgear using compressed gas for insulation, dielectric tests shall be performed at minimum functional pressure (density) for insulation as specified by the manufacturer. The temperature and pressure of the gas during the tests shall be noted and recorded in the test report.

NOTE Caution: In the dielectric testing of switchgear and controlgear incorporating vacuum switching devices, precautions should be taken to ensure that the level of possible emitted X-radiation is within safe limits. National safety codes may influence the safety measures established.

6.2.4 Criteria to pass the test

a) Short-duration power-frequency withstand voltage tests

The switchgear and controlgear shall be considered to have passed the test if no disruptive discharge occurs.

If during a wet test a disruptive discharge on external self-restoring insulation occurs, this test shall be repeated in the same test condition and the switchgear and controlgear shall be considered to have passed this test successfully if no further disruptive discharge occurs.

b) Impulse tests

Procedure B of IEC 60060-1 shall be applied: 15 consecutive lightning or switching impulses at the rated withstand voltage shall be applied for each test condition and each polarity. The switchgear and controlgear shall be considered to have passed the test if the number of the disruptive discharges on self-restoring insulation does not exceed two for each series of 15 impulses and if no disruptive discharge on non-self-restoring insulation occurs.

Procedure C of IEC 60060-1 may be applied as an alternative to the 15 impulses withstand test. In this case, the test shall be performed by applying three consecutive impulses for each polarity. The switchgear and controlgear shall be considered to have passed the test if no disruptive discharge occurs. If one disruptive discharge occurs in the self-restoring part of the insulation, then 9 additional impulses shall be applied and if no disruptive discharges occur, the switchgear and controlgear shall be considered to have passed the test.

If it is proved that tests for one polarity give the most unfavourable results, it is permissible to perform the tests for this polarity only.

Some insulating materials retain a charge after an impulse test and for these cases care should be taken when reversing the polarity. To allow the discharge of insulating materials, the use of appropriate methods, such as the application of three impulses at about 80 % of the test voltage in the reverse polarity before the test, is recommended.

c) General comment

When testing large switchgear and controlgear, the part of equipment through which the test voltage is applied may be subjected to numerous test sequences to check the insulating properties of other downstream parts of equipment (circuit-breakers, disconnectors, other bays). It is recommended that parts be tested in sequence, starting with first connected part. When this part has passed the test according to the above-mentioned criteria, its qualification is not impaired by possible disruptive discharges which could occur in it during further tests on other parts.

NOTE These discharges may have been generated by accumulation of discharge probability with the increased number of voltage applications or by reflected voltage after a disruptive discharge at a remote location within the equipment. To reduce the probability of occurrence of these discharges in gas-filled equipment, the pressure of the already-tested parts may be increased after passing their tests.

6.2.5 Application of the test voltage and test conditions

Distinction must be made between the general case, where the three test voltages (phase-to-earth, between phases and across open switching device) are the same, and the special cases of the isolating distance and of insulation between phases higher than phase to ground.

6.2.5.1 General case

With reference to figure 2, which shows a diagram of connection of a three-pole switching device, the test voltage shall be applied according to the following table 9:

Table 9 – Test conditions in general case

Test condition	Switching device	Voltage applied to	Earth connected to
1	Closed	Aa	BCbcF
2	Closed	Bb	ACacF
3	Closed	Cc	ABabF
4	Open	A	BCabcF
5	Open	B	ACabcF
6	Open	C	ABabcF
7	Open	a	ABCbcF
8	Open	b	ABCacF
9	Open	c	ABCabF

Test conditions 3, 6 and 9 may be omitted if the arrangement of the outer poles is symmetrical with respect to the centre pole and the frame. Test conditions 7, 8 and 9 may be omitted if the arrangement of the terminals of each pole is symmetrical with respect to the base.

6.2.5.2 Special case

When the test voltage across the open switching device is higher than the phase-to-earth withstand voltage, different test methods may be used.

a) Preferred method

Unless otherwise specified in this standard, the preferred method is the use of combined voltage tests (see clause 26 of IEC 60060-1).

– Power-frequency voltage tests

The tests shall be performed using two different voltage sources in out-of-phase conditions in order to obtain the specified test value. The voltage share is specified in 6.2.6.1 and in 6.2.7.1.

In this case, the test voltage across the open switching device (or isolating distance) shall be applied according to the following table 10.

Table 10 – Power-frequency test conditions for longitudinal insulation

Test condition	Voltages applied to	Earth connected to
1	A and a	BCbcF
2	B and b	ACacF
3	C and c	ABabF

Test conditions 3 may be omitted if the arrangement of the outer poles is symmetrical with respect to the centre pole and the frame.

– Impulse voltage tests

The rated impulse withstand voltage phase-to-earth constitutes the main part of the test voltage and is applied to one terminal; the complementary voltage is supplied by another voltage source of the opposite polarity and applied to the opposite terminal. This complementary voltage may be either another impulse voltage or the peak of a power-frequency voltage. The other poles and the frame are earthed.

To take into account the influence of the impulse on the power-frequency voltage wave, caused by capacitive coupling between the two voltage circuits, the following test requirements shall be fulfilled: the voltage drop on the power-frequency wave shall be limited so that the actual test voltage to ground, measured at the instant of the peak value of the impulse is not less than the value specified for the complementary voltage with a tolerance of 5 %. To achieve such a condition, the instantaneous power-frequency voltage may be increased up to, but no more than $U_r \sqrt{2}/\sqrt{3}$ for the lightning impulse tests, and not more than $1,2 U_r \sqrt{2}/\sqrt{3}$ for the switching impulse tests. See D.2.3.1.

The voltage drop can be greatly reduced by using a capacitor of a convenient value connected in parallel to the terminal of the power-frequency side.

The test voltage shall be applied according to table 11.

Table 11 – Impulse test conditions for longitudinal insulation

Test condition	Main part	Complementary part	Earth connected to
	Voltage applied to		
1	A	a	BbCcF
2	B	b	AaCcF
3	C	c	AaBbF
4	a	A	BbCcF
5	b	B	AaCcF
6	c	C	AaBbF

Test conditions 3 and 6 may be omitted if the arrangement of the outer poles is symmetrical with respect to the centre pole and the frame.

Test conditions 4, 5 and 6 may be omitted if the arrangement of the terminals of each pole is symmetrical with respect to the frame.

b) Alternative method

When only one voltage source is used, the insulation across the open switching device (or isolating distance) may be tested as follows, for both power-frequency voltage tests and impulse voltage tests:

- the total test voltage U_t is applied between one terminal and earth; the opposite terminal is earthed:
- When the resulting voltage across the supporting insulation of the switching device would exceed the rated phase-to-earth withstand voltage, the frame is fixed at a partial voltage with respect to earth U_f , so that $U_t - U_f$ is between 90 % and 100 % of the rated withstand voltage phase-to-earth.

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

The tests shall be performed with the test voltages given in table 1a or 1b.

6.2.6.1 Power-frequency voltage tests

Switchgear and controlgear shall be subjected to short-duration power-frequency voltage withstand tests in accordance with IEC 60060-1. The test voltage shall be raised for each test condition to the test value and maintained for 1 min.

The tests shall be performed in dry conditions and also in wet conditions for outdoor switchgear and controlgear.

The isolating distance may be tested as follows:

- preferred method. In this case, neither of the two voltage values applied to the two terminals shall be less than one-third of the rated withstand voltage phase-to-earth;
- alternative method: for metal-enclosed gas-insulated switching device with a rated voltage of less than 72,5 kV and for conventional switching device of any rated voltage, the voltage to earth of the frame U_f need not be fixed so accurately and the frame may even be insulated.

NOTE Due to the large scatter of the results of power-frequency voltage wet tests for switchgear and controlgear of rated voltage equal to 170 kV and 245 kV, it is accepted to replace these tests by a wet 250/2 500 μ s switching impulse voltage test, with a peak value equal to 1,55 times the r.m.s. value of the specified power-frequency test voltage.

6.2.6.2 Lightning impulse voltage tests

Switchgear and controlgear shall be subjected to lightning impulse voltage tests in dry conditions only. The tests shall be performed with voltages of both polarities using the standard lightning impulse 1,2/50 μ s according to IEC 60060-1.

When the alternative method is used to test the isolating distance of metal-enclosed gas-insulated switching device with a rated voltage of less than 72,5 kV and of conventional switching device of any rated voltage, the voltage to earth of the frame U_f need not be fixed so accurately and the frame may even be insulated.

6.2.7 Tests of switchgear and controlgear of rated voltage above 245 kV

In the closed position, the tests shall be performed in conditions 1, 2 and 3 of table 9. In the open position, the tests shall be performed as stated below (but see 6.2.3). In addition, phase-to-phase switching impulse voltage tests shall be performed as stated below. The test voltages are given in table 2a or 2b.

6.2.7.1 Power-frequency voltage tests

Switchgear and controlgear shall be subjected to short-duration power-frequency voltage withstand tests in accordance with IEC 60060-1. The test voltage shall be raised for each test condition to the test value and maintained for 1 min.

The tests shall be performed in dry conditions only.

The insulation across the open switching device or isolating distance shall be tested with the preferred method a) of 6.2.5.2 above. Subject to agreement with the manufacturer, the alternative method b) of 6.2.5.2 may also be used. Whichever method is chosen, neither of the voltages applied between one terminal and the frame shall be higher than the rated voltage U_r .

6.2.7.2 Switching impulse voltage tests

Switchgear and controlgear shall be subjected to switching impulse voltage tests. The tests shall be performed with voltages of both polarities using the standardized switching impulse 250/2500 μ s according to IEC 60060-1. Wet tests shall be performed for outdoor switchgear and controlgear only.

The isolating distance shall be tested with the preferred method a) of 6.2.5.2.

The insulation between poles shall be tested in dry conditions only with a total test voltage as per column 5 of tables 2, by the preferred method a) of 6.2.5.2 above in which the two voltage components should be equal to half the total test voltage.

The actual voltage share shall be as balanced as possible. Any unbalanced share of the total test voltage is more severe. When voltage components are different in shape and/or amplitude, the test shall be repeated reversing the connections.

6.2.7.3 Lightning impulse voltage tests

Switchgear and controlgear shall be subjected to lightning impulse voltage tests in dry conditions only. The tests shall be performed with voltages of both polarities using the standard lightning impulse 1,2/50 μ s according to IEC 60060-1.

6.2.8 Artificial pollution tests

No artificial pollution tests are necessary when the creepage distances of the insulators comply with the requirements of 5.14.

If the creepage distances do not comply with the requirements of 5.14, artificial pollution tests should be performed according to IEC 60507, using the rated voltage and the application factors given in 5.14.

6.2.9 Partial discharge tests

When requested by the relevant product standard, partial discharge tests shall be performed and the measurements made according to IEC 60270.

6.2.10 Dielectric tests on auxiliary and control circuits

Auxiliary and control circuits of switchgear and controlgear shall be subjected to impulse voltage withstand tests as well as to short duration power frequency voltage withstand tests. Each test shall be performed:

- a) between the auxiliary and control circuits connected together as a whole and the frame of the switching device;
- b) if practicable, between each part of the auxiliary and control circuits, which in normal use may be insulated from the other parts, and the other parts connected together and to the frame.

The impulse voltage withstand tests shall be performed in accordance with IEC 60255-5. The impulse voltage peak value shall be 5 kV. The auxiliary and control circuits shall withstand the tests without permanent damage. After the tests, they shall still be fully operational.

The power frequency tests shall be performed according to IEC 61180-1. The test voltage shall be 2 kV with a duration of 1 min.

The auxiliary and control circuits of switchgear and controlgear shall be considered to have passed the tests if no disruptive discharge occurs during each test.

Normally, the test voltage of motors and other devices used in the auxiliary and control circuits shall be the same as the test voltage of those circuits. If such apparatus has already been tested in accordance with the appropriate specification, it may be disconnected for these tests. Lower test voltage values are under consideration for auxiliary components. If it can be verified that the dielectric stress permits it, lower voltage values may be used, by agreement between manufacturer and user.

NOTE Possible lower values are 2,5 kV for the impulse test and 1 kV for the power frequency test.

The selection criterion is based on the magnitude of the largest common mode voltage, at industrial frequency, expected to occur between two points of the earthing circuitry of the substation (for example, during a primary short circuit or due to the presence of a shunt reactor).

6.2.11 Voltage test as condition check

When the insulating properties across open contacts of a switching device after the making, breaking and/or mechanical/electrical endurance tests cannot be verified by visual inspection with sufficient reliability, a power-frequency withstand voltage test in dry condition according to 6.2.6.1 and 6.2.7.1 across the open switching device at the following value of power-frequency voltage may be appropriate.

For equipment with rated voltages up to and including 245 kV:

- 80 % of the value in table 1a or 1b, column 3 for disconnectors and switch-disconnectors (equipment with safety requirements) and column 2 for other equipment.

For equipment with rated voltages from 300 kV and above:

- 100 % of the value in table 2a or 2b, column 3 for disconnectors and switch-disconnectors (equipment with safety requirements):
- 80 % of the value in tables 2a or 2b, column 3 for other equipment.

NOTE 1 The reduction of the test voltage is motivated by the safety margin in the rated test voltage values, which takes ageing, wear and other normal deterioration into account, and by the statistical nature of the flashover voltage.

NOTE 2 Condition-checking tests of the insulation to earth may be required for enclosed devices of certain design. In such cases a power-frequency test with 80 % of the values in column 2, of tables 1 and 2, respectively, should be performed.

NOTE 3 The relevant apparatus standard can specify that this condition-checking test is mandatory for certain types of equipment.

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

These tests apply only to switchgear and controlgear having a rated voltage of 123 kV and above, and shall be made when specified in the relevant IEC standards. Switchgear and controlgear shall be installed as stated in 6.2.3.

The test voltage shall be applied as follows:

- a) in closed position, between the terminals and the earthed frame;
- b) in open position, between one terminal and the other terminals connected to the earthed frame and then with the connections reversed if the switching device is not symmetrical.

The case, tank, frame and other normally earthed parts shall be connected to earth. Care should be taken to avoid influencing the measurements by earthed or unearthed objects near to the switchgear and controlgear and to the test and measuring circuits.

The switchgear and controlgear shall be dry and clean and at approximately the same temperature as the room in which the test is made. It should not be subjected to other dielectric tests within 2 h prior to the present test.

The test connections and their ends shall not be a source of radio interference voltage of higher values than those indicated below.

The measuring circuit (see figure 3) shall comply with CISPR 18-2. The measuring circuit shall preferably be tuned to a frequency within 10 % of 0,5 MHz, but other frequencies in the range 0,5 MHz to 2 MHz may be used, the measuring frequency being recorded. The results shall be expressed in microvolts.

If measuring impedances different from those specified in CISPR publications are used, they shall be not more than 600 Ω nor less than 30 Ω , in any case the phase angle shall not exceed 20°. The equivalent radio interference voltage referred to 300 Ω can be calculated, assuming the measured voltage to be directly proportional to the resistance, except for test pieces of large capacitance, for which a correction made on this basis may be inaccurate. Therefore, a 300 Ω resistance is recommended for switchgear and controlgear with bushings with earthed flanges (e.g. dead tank switchgear and controlgear).

The filter F shall have a high impedance at the measuring frequency, so that the impedance between the high-voltage conductor and earth is not appreciably shunted as seen from the switchgear and controlgear under test. This filter also reduces circulating radio-frequency currents in the test circuit, generated by the high-voltage transformer or picked up from extraneous sources. A suitable value for its impedance has been found to be 10 000 Ω to 20 000 Ω at the measuring frequency.

It shall be ensured by suitable means that the radio interference background level (radio interference level caused by external field and by the high-voltage transformer when magnetized at the full test voltage) is at least 6 dB and preferably 10 dB below the specified radio interference level of the switchgear and controlgear to be tested. Calibration methods for the measuring instrument and for the measuring circuits are given in CISPR 16-1 and CISPR 18-2 respectively.

As the radio interference level may be affected by fibres or dust settling on the insulators, it is permitted to wipe the insulators with a clean cloth before taking a measurement. The atmospheric conditions during the test shall be recorded. It is not known what correction factors apply to radio interference testing but it is known that tests may be sensitive to high relative humidity and the results of the test may be open to doubt if the relative humidity exceeds 80 %.

The following test procedure shall be followed:

A voltage of $1,1 U_r / \sqrt{3}$ shall be applied to the switchgear and controlgear and maintained for at least 5 min, U_r being the rated voltage of the switchgear and controlgear. The voltage shall then be decreased by steps down to $0,3 U_r / \sqrt{3}$, raised again by steps to the initial value and finally decreased by steps to $0,3 U_r / \sqrt{3}$. At each step a radio interference measurement shall be taken and the radio interference level, as recorded during the last series of voltage reductions, shall be plotted versus the applied voltage; the curve so obtained is the radio interference characteristic of the switchgear and controlgear. The amplitude of voltage steps shall be approximately $0,1 U_r / \sqrt{3}$.

The switchgear and controlgear shall be considered to have passed the test if the radio interference level at $1,1 U_r/\sqrt{3}$ does not exceed 2 500 μV .

6.4 Measurement of the resistance of circuits

6.4.1 Main circuit

A measurement of the resistance of the main circuit shall be made for comparison between the switchgear and controlgear type tested for temperature rise and all other switchgear and controlgear of the same type subjected to routine tests (see 7.3).

The measurement shall be made with d.c. by measuring the voltage drop or resistance across the terminals of each pole. Special consideration shall be given to enclosed switchgear and controlgear (see the relevant standards).

The current during the test shall have any convenient value between 50 A and the rated normal current.

NOTE Experience shows that an increase of the main circuit resistance cannot alone be considered as reliable evidence of bad contacts or connections. In such a case, the test should be repeated with a higher current, as close as possible to the rated normal current.

The measurement of the d.c. voltage drop or the resistance shall be made before the temperature-rise test, with the switchgear and controlgear at the ambient air temperature and after the temperature-rise test when the switchgear and controlgear has cooled to a temperature equal to the ambient air temperature. The measured resistances in these two tests shall not differ by more than 20 %.

The measured value of the d.c. voltage drop or the resistance shall be given in the type-test report, as well as the general conditions during the test (current, ambient air temperature, points of measurement, etc.).

6.4.2 Auxiliary circuits

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

One sample of each type of class 1 and class 2 auxiliary contacts shall be inserted into a resistive load circuit through which flows a current of 10 mA when energised by a source having an open circuit voltage of 6 V d.c. with a relative tolerance of ${}^0_{-15}\%$ and the resistance measured according to test 2b of IEC 60512-2.

The resistance of the closed class 1 and class 2 auxiliary contacts shall not exceed 50 Ω .

NOTE On contact materials, oxidation may occur which decreases the effective current-carrying capabilities. This results in an increased contact resistance or even no conduction at very low voltage while no problems are observed at higher voltage. This test is intended to verify the contact performance under these low-voltage conditions. The assessment criterion takes into account the non-linearity of the resistance. The 50 Ω value results from statistical considerations and has already been taken into account by users.

6.4.2.2 Measurement of the resistance of auxiliary contacts class 3

One sample of class 3 auxiliary contacts shall be inserted into a resistive load circuit through which flows a current ≤ 10 mA when energized by a source having an open circuit voltage ≤ 30 mV d.c. and the resistance measured according to IEC 61810-7.

The resistance of the closed class 3 auxiliary contacts shall not exceed 1 Ω .

6.5 Temperature-rise tests

6.5.1 Conditions of the switchgear and controlgear to be tested

Unless otherwise specified in the relevant standards, the temperature-rise test of the main circuits shall be made on a new switching device with clean contacts, and, if applicable, filled with the appropriate liquid or gas at the minimum functional pressure (or density) for insulation prior to the test.

6.5.2 Arrangement of the equipment

The test shall be made indoors in an environment substantially free from air currents, except those generated by heat from the switching device being tested. In practice, this condition is reached when the air velocity does not exceed 0,5 m/s.

For temperature-rise tests of parts other than auxiliary equipment, the switchgear and controlgear and their accessories shall be mounted in all significant respects as in service, including all normal covers of any part of the switchgear and controlgear, and shall be protected against undue external heating or cooling.

When the switchgear and controlgear, according to the manufacturer's instructions, may be installed in different positions, the temperature-rise tests shall be made in the most unfavourable position.

These tests shall be made in principle on three-pole switchgear and controlgear but may be made on a single pole or on a single unit provided the influence of the other poles or units is negligible. This is the general case for non-enclosed switchgear. For three-pole switchgear and controlgear with a rated normal current not exceeding 630 A, the tests may be made with all poles connected in series.

For switchgear and controlgear, particularly large switchgear and controlgear for which the insulation to earth has no significant influence on temperature rises, this insulation may be appreciably reduced.

Temporary connections to the main circuit shall be such that no significant amount of heat is conducted away from, or conveyed to, the switchgear and controlgear during the test. The temperature rise at the terminals of the main circuit, and at the temporary connections at a distance of 1 m from the terminals, shall be measured. The difference of temperature rise shall not exceed 5 K. The type and sizes of the temporary connections shall be recorded in the test report.

NOTE 1 To make the temperature-rise test more reproducible, the type and/or sizes of the temporary connections may be specified in relevant standards.

For three-pole switchgear and controlgear, the test shall be made in a three-phase circuit with the exceptions mentioned above.

The test shall be made at the rated normal current (I_r) of the switchgear and controlgear. The supply current shall be practically sinusoidal.

Switchgear and controlgear with the exception of d.c. auxiliary equipment shall be tested at rated frequency with a tolerance of $\pm 2\%$. The test frequency shall be recorded in the test report.

NOTE 2 Tests performed at 50 Hz on switching devices of the open type having no ferrous components adjacent to the current-carrying parts should be deemed to prove the performance of the switching device when rated 60 Hz, provided that the temperature-rise values recorded during the tests at 50 Hz do not exceed 95 % of the maximum permissible values.

When tests are performed at 60 Hz, they should be considered valid for the same current rating with 50 Hz rated frequency.

The test shall be made over a period of time sufficient for the temperature rise to reach a stable value. This condition is deemed to be obtained when the increase of temperature rise does not exceed 1 K in 1 h. This criteria will normally be met after a test duration of five times the thermal time constant of the tested device.

The time for the whole test may be shortened by preheating the circuit with a higher value of current, except where the measurement of thermal time constant is required.

6.5.3 Measurement of the temperature and the temperature rise

Precautions shall be taken to reduce the variations and the errors due to the time lag between the temperature of the switching device and the variations in the ambient air temperature.

For coils, the method of measuring the temperature rise by variation of resistance shall normally be used. Other methods are permitted only if it is impracticable to use the resistance method.

The temperature of the various parts other than coils for which limits are specified shall be measured with thermometers or thermocouples, or other sensitive devices of any suitable type, placed at the hottest accessible point. The temperature rise shall be recorded at regular intervals throughout the test when the calculation of the thermal time constant is needed.

The surface temperature of a component immersed in a liquid dielectric shall be measured only by thermocouples attached to the surface of this component. The temperature of the liquid dielectric itself shall be measured in the upper layer of the dielectric.

For measurement with thermometers or thermocouples, the following precautions shall be taken:

- a) the bulbs of the thermometers or thermocouples shall be protected against cooling from outside (dry clean wool, etc.). The protected area shall, however, be negligible compared with the cooling area of the apparatus under test;
- b) good heat conductivity between the thermometer or thermocouple and the surface of the part under test shall be ensured;
- c) when bulb thermometers are employed in places where there is any varying magnetic field, it is recommended to use alcohol thermometers in preference to mercury thermometers, as the latter are more liable to be influenced under these conditions.

6.5.4 Ambient air temperature

The ambient air temperature is the average temperature of the air surrounding the switchgear and controlgear (for enclosed switchgear and controlgear, it is the air outside the enclosure). It shall be measured during the last quarter of the test period by means of at least three thermometers, thermocouples or other temperature-detecting devices equally distributed around the switchgear and controlgear at about the average height of its current-carrying parts and at a distance of about 1 m from the switchgear and controlgear. The thermometers or thermocouples shall be protected against air currents and undue influence of heat.

In order to avoid indication errors because of rapid temperature changes, the thermometers or thermocouples may be put into small bottles containing about 0,5 l of oil.

During the last quarter of the test period, the change of ambient air temperature shall not exceed 1 K in 1 h. If this is not possible because of unfavourable temperature conditions of the test room, the temperature of an identical switchgear and controlgear under the same conditions, but without current, can be taken as a substitute for the ambient air temperature. This additional switchgear and controlgear shall not be subjected to an undue amount of heat.

The ambient air temperature during tests shall be more than +10 °C but less than +40 °C. No correction of the temperature-rise values shall be made for ambient air temperatures within this range.

6.5.5 Temperature-rise test of the auxiliary and control equipment

The test is made with the specified supply (a.c. or d.c.), and for a.c. at its rated frequency (tolerance $\begin{smallmatrix} +2 \\ -5 \end{smallmatrix}$ %).

NOTE Tests performed at 50 Hz on switching devices of the open type having no ferrous components adjacent to the current-carrying parts should be deemed to prove the performance of the switching device when rated 60 Hz, provided that the temperature-rise values recorded during the tests at 50 Hz do not exceed 95 % of the maximum permissible values. When tests are performed at 60 Hz they should be considered valid for the same current rating with 50 Hz rated frequency.

The auxiliary equipment shall be tested at its rated supply voltage (U_a) or at its rated current. The a.c. supply voltage shall be practically sinusoidal.

Continuously rated coils shall be tested over a period of time sufficient for the temperature rise to reach a constant value. This condition is usually obtained when the variation does not exceed 1 K in 1 h.

For circuits energized only during switching operations, the tests shall be made under the following conditions:

- a) when the switching device has an automatic breaking device for interruption of the auxiliary circuit at the end of the operation, the circuit shall be energized 10 times, for either 1 s or until the automatic breaking device operates, the interval between the instant of each energizing being 10 s or, if the construction of the switching device does not permit this, the lowest interval possible,
- b) when the switching device has no automatic breaking device for interruption of the auxiliary circuit at the end of the operation, the test shall be made by energizing the circuit once for a duration of 15 s.

6.5.6 Interpretation of the temperature-rise tests

The temperature rise of the various parts of the switchgear and controlgear or auxiliary equipment for which limits are specified, shall not exceed the values specified in table 3. Otherwise, the switchgear and controlgear shall be considered to have failed the test.

When the arcing contacts are bare copper contacts and are separate from but in parallel with the main contacts, the temperature rise of the main contacts and of the arcing contacts shall not exceed the values given in table 3.

If the insulation of a coil is made of several different insulating materials, the permissible temperature rise of the coil shall be taken as that for the insulating material with the lowest limit of temperature rise.

If the switchgear and controlgear is fitted with various equipment complying with particular standards (for example, rectifiers, motors, low-voltage switches, etc.), the temperature rise of such equipment shall not exceed the limits specified in the relevant standards.

6.6 Short-time withstand current and peak withstand current tests

Main circuits and, where applicable, the earthing circuits of the switchgear and controlgear shall be subjected to a test to prove their ability to carry the rated peak withstand current and the rated short-time withstand current.

The test shall be made at the rated frequency with a tolerance of $\pm 10\%$ at any suitable voltage and starting at any convenient ambient temperature.

NOTE For convenience of testing, wider tolerances of the rated frequency may be necessary. If the deviations are appreciable, i.e. when switchgear and controlgear rated for 50 Hz are tested at 60 Hz and vice versa, care should be taken in the interpretation of results.

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

The switchgear and controlgear shall be mounted on its own support or on an equivalent support and installed with its own operating device as far as necessary to make the test representative. It shall be in the closed position and fitted with clean contacts in new condition.

Each test shall be preceded by a no-load operation of the mechanical switching device and, with the exception of earthing switches, by measurement of the resistance of the main circuit.

The test may be made three-phase or single-phase. In the case of a single-phase test, the following shall apply:

- on a three-pole switchgear and controlgear, the test shall be made on two adjacent poles;
- in the case of switchgear and controlgear with separated poles, the test may be made either on two adjacent poles or on one pole with the return conductor at phase distance. If the distance between poles is not fixed by the design, the test shall be made at the minimum distance indicated by the manufacturer;
- above a rated voltage of 72,5 kV, unless otherwise specified in the relevant standards, the return conductor need not be taken into account, but in no case shall it be located closer to the tested pole than the minimum distance indicated for phase centres by the manufacturer.

The connections to the terminals of the switchgear and controlgear shall be arranged in such a way as to avoid unrealistic stressing of the terminals. The distance between the terminals and the nearest supports of the conductors on both sides of the switchgear and controlgear shall be in accordance with the instructions of the manufacturer.

The test arrangement shall be noted in the test report.

6.6.2 Test current and duration

The a.c. component of the test current shall, in principle, be equal to the a.c. component of the rated short-time withstand current (I_k) of the switchgear and controlgear. The peak current (for a three-phase circuit, the highest value in one of the outer phases) shall be not less than the rated peak withstand current (I_p) and shall not exceed it by more than 5 % without the consent of the manufacturer.

For three-phase tests, the current in any phase shall not vary from the average of the currents in the three phases by more than 10 %. The average of the r.m.s. values of the a.c. component of the test currents shall be not less than the rated value.

The test current I_t shall in principle be applied for a time t_t equal to the rated duration t_k of short circuit.

If no other method to determine the value $I_t^2 t_t$ is available, then it shall be determined from the oscillogram using the method of evaluating I_t given in annex B. The value of $I_t^2 t_t$ on test shall be not less than the value of $I_k^2 t_k$ calculated from the rated short-time current (I_k) and the rated duration of short circuit (t_k), and shall not exceed this value by more than 10 % without the consent of the manufacturer.

When, however, the characteristics of the test plant are such that the peak and r.m.s. values of test current specified above cannot be obtained in a test of the specified duration, the following deviations are permitted:

- a) if the decrement of the short-circuit current of the test plant is such that the specified r.m.s. value, measured in accordance with annex B or by an equivalent cannot be obtained for the rated duration without applying initially an excessively high current, the r.m.s. value of the test current may be permitted to fall below the specified value during the test and the duration of the test may be increased appropriately, provided that the value of the peak current is not less than that specified and the time is not more than 5 s;
- b) if, in order to obtain the required peak current, the r.m.s. value of the current is increased above the specified value, the duration of the test may be reduced accordingly;
- c) if neither a) nor b) is practicable, separation of the peak withstand current test and the short-time withstand current test is permissible. In this case two tests are made:
 - for the peak withstand current test, the time during which the short-circuit current is applied shall be not less than 0.3 s;
 - for the short-time withstand current test, the time during which the short-circuit current is applied shall be equal to the rated duration. However, deviation in time according to item a) is permitted.

6.6.3 Behaviour of switchgear and controlgear during test

All switchgear and controlgear shall be capable of carrying their rated peak withstand current and their rated short-time withstand current without causing mechanical damage to any part or separation of the contacts.

It is recognized that, during the test, the temperature rise of current-carrying and adjacent parts of the mechanical switching device may exceed the limits specified in table 3. No temperature-rise limits are specified for the short-time current withstand tests but the maximum temperature reached should not be sufficient to cause significant damage to adjacent parts.

6.6.4 Conditions of switchgear and controlgear after test

After the test, the switchgear and controlgear shall not show significant deterioration, shall be capable of operating normally, carrying its rated normal current continuously without exceeding the temperature-rise limits specified in table 3 and withstanding the voltage specified under dielectric tests.

If the mechanical switching device has a rated making and/or breaking capacity, then the condition of the contacts shall not be such as to affect the performance materially at any making and/or breaking current up to its rated value.

The following is sufficient to check these requirements:

- a) a no-load operation of the mechanical switching device shall be performed immediately after the test, and the contacts shall open at the first attempt;
- b) secondly, the resistance of the main circuit shall be measured according to 6.4.1 (except for earthing switches). If the resistance has increased by more than 20 %, and if it is not possible to confirm the condition of the contacts by visual inspection, it may be appropriate to perform an additional temperature-rise test.

6.7 Verification of the protection

6.7.1 Verification of the IP coding

In accordance with the requirements specified in clauses 11, 12, 13 and 15 of IEC 60529, tests shall be performed on the enclosures of switchgear and controlgear fully assembled as under service conditions. As real cable connections entering the enclosures are not normally installed for type tests, corresponding filler pieces shall be used. Transport units of switchgear shall be closed for the tests by covers providing identical protection qualities as for the joints.

The tests shall, however, be made only if there are doubts regarding the compliance with these requirements, in each position of the relevant parts as deemed necessary.

When the supplementary letter W is used, a recommended test method is given in annex C.

6.7.2 Mechanical impact test

When agreed between manufacturer and user, enclosures for indoor installation shall be subjected to an impact test. Three blows are applied to points of the enclosure that are likely to be the weakest points of each enclosure. Devices such as relays, meters, etc., are excepted.

The hammer head with which the impact is applied has a hemispherical face with a radius of 25 mm of steel having a Rockwell hardness of R100. The use of a spring-operated impact test apparatus as defined in IEC 60068-2-63 is recommended.

After the test, the enclosure shall show no breaks and the deformation of the enclosure shall not affect the normal function of the equipment, reduce the insulating and/or creepage distances or reduce the specified degree of protection against access to hazardous parts below the permitted values. Superficial damage, such as removal of paint, breaking of cooling ribs or of similar parts, or depression of small dimension can be ignored.

The tests shall, however, be made only if there are doubts regarding the compliance with these requirements, in each position of the relevant parts as deemed necessary.

For outdoor installation, the test should be agreed between manufacturer and user.

6.8 Tightness tests

The purpose of tightness tests is to demonstrate that the absolute leakage rate F does not exceed the specified value of the permissible leakage rate F_p .

Where possible, the tests should be performed on a complete system at p_{re} (or p_{re}). If this is not practical, the tests may be performed on parts, components or sub-assemblies. In such cases, the leakage rate of the total system shall be determined by summation of the component leakage rates using the tightness coordination chart TC (see annex E). The possible leakages between sub-assemblies of different pressures shall also be taken into account.

The tightness test of switchgear and controlgear containing a mechanical switching device shall be performed both in the closed and open position of the device, unless the leakage rate is independent of the position of the main contacts.

In general, only cumulative leakage measurements allow calculation of leakage rates.

The type test report should include such information as:

- a description of the object under test, including its internal volume and the nature of the filling gas or liquid;
- whether the object under test is in the closed or open position (if applicable);
- the pressures and temperatures recorded at the beginning and end of the test and the number of replenishments (if any needed);
- the cut-in and cut-off pressure settings of the pressure (or density) control or monitoring device;
- an indication of the calibration of the meters used to detect leakage rates;
- the results of the measurements;
- if applicable, the test gas and the conversion factor to assess the results.

The tightness tests shall be performed in connection with the tests required in the relevant standards, typically before and after the mechanical operation test or during the operation tests at extreme temperatures.

An increased leakage rate at extreme temperatures (if such tests are required in the relevant standards) is acceptable, provided that this rate resets to a value not higher than the maximum permissible value at normal ambient air temperature. The increased temporary leakage rate shall not exceed the values given in table 12.

In general, for the application of an adequate test method, reference is made to IEC 60068-2-17.

Table 12 – Permissible temporary leakage rates for gas systems

Temperature class °C	Permissible temporary leakage rate
+40 and +50	$3F_p$
ambient temperature	F_p
–5 / –10 / –15 / –25 / –40	$3F_p$
–50	$6F_p$

6.8.1 Controlled pressure systems for gas

The relative leakage rate F_{rel} shall be checked by measuring the pressure drop Δp over a time period, t that is of sufficient length to permit a determination of the pressure drop (within the filling and replenishing pressure range). A correction should be made to take into account the variation of ambient air temperature. During this period the replenishment device shall be inoperative.

$$F_{\text{rel}} = \frac{\Delta p}{p_t} \times \frac{24}{t} \times 100 \text{ (\% per day)}$$

$$N = \frac{\Delta p}{p_r - p_m} \times \frac{24}{t}$$

where t is the test duration (hours).

NOTE In order to maintain the linearity of the formula, Δp should be of the same order of magnitude as $p_r - p_m$. Alternatively, the number of replenishment operations per day may be measured directly.

6.8.2 Closed pressure systems for gas

Due to comparatively small leakage rates of these systems, pressure drop measurements are not applicable. Other methods (examples are given in annex E) may be used to measure the leakage rate F , which allows in combination with the tightness coordination chart TC, allows one to calculate:

- the relative leakage rate F_{rel} ;
- the time between replenishments T (outside extreme conditions of temperature or frequency of operations).

In general the test Qm (see IEC 60068-2-17) represents an adequate method to determine leakages in gas systems.

If the test object is filled with a test gas different from the gas used in service and/or at a test pressure different from the normal operating pressure, corrective factors defined by the manufacturer shall be used for calculations.

Since metering difficulties occur during low and high temperature tests, the procedure used may be to perform the tightness test at ambient temperature before and after the low and high temperature tests to determine if there has been a change.

Since leakage rate measurements in practice may have an inaccuracy of $\pm 50 \%$, the tightness test is considered to be successful when the stated values of table 12 are achieved within the limits of $\pm 50 \%$. This inaccuracy of measurement shall be taken into account when calculating the period of time between replenishments.

6.8.3 Sealed pressure systems

a) Switchgear using gas

Tightness tests on such switchgear and controlgear are performed in order to determine the expected operating life for the sealed pressure system.

The tests shall be performed according to 6.8.2.

b) Vacuum switchgear

The vacuum level shall be measured twice without operation of the vacuum tube, with a time interval such that the rate of vacuum pressure variation can be properly assessed.

This rate shall be such that the vacuum pressure level will not reach the maximum acceptable threshold during its expected operating life. The minimum time interval depends on the size of the vacuum tube and the sensitivity of the testing method.

NOTE Generally, a time interval of four weeks is considered acceptable.

The chosen method for measuring the vacuum shall be calibrated for each type of vacuum tube. This can be done by applying the test method simultaneously with a conventional vacuum pressure measurement before sealing a sample unit. The accuracy of the evaluation shall be established by repeating the measurements.

6.8.4 Liquid tightness tests

The purpose of tightness tests is to demonstrate that the total system leakage rate F_{liq} does not exceed the specified value $F_{\text{p(liq)}}$.

The object under test shall be as in service conditions with all its accessories and its normal fluid, mounted as close as possible as in service (framework, fixing).

The tightness tests shall be performed in connection with the tests required in the relevant standards, typically before and after the mechanical operation test, during the operation tests at extreme temperatures or before and after the temperature-rise tests.

An increased leakage rate at extreme temperatures (if such tests are required in the relevant standards) and/or during operations is acceptable, provided that this rate resets to the initial value after the temperature is returned to normal ambient air temperature and/or after the operations are performed. The increased temporary leakage rate shall not impair the safe operation of the switchgear and controlgear.

The switchgear shall be observed over a period sufficient to determine a possible leak or the pressure drop Δp . In this case, the calculations given in 6.8.1 are valid.

NOTE Using liquids different from those in service or gas for the test is possible but requires justification by the manufacturer.

The test report should include such information as:

- a general description of the object under test;
- the number of operations performed;
- the nature and pressure(s) of the liquid;
- the ambient air temperature during test;
- the results with the switchgear device in closed and in open position (where applicable).

6.9 Electromagnetic compatibility tests (EMC)

EMC requirements and tests are specified only for secondary systems.

For main circuit of switchgear and controlgear in normal operation, without switching operations, the emission level is verified by means of the radio interference voltage test, see 6.3.

Emission caused by switching operations, including interruption of fault currents, is incidental.

The frequency and level of such emission are considered to be part of the normal electromagnetic environment.

For secondary systems of switchgear and controlgear, the EMC requirements and tests specified in this standard have precedence over other EMC specifications.

6.9.1 Emission tests on secondary systems

Electronic equipment, which is part of the secondary system, shall fulfil the requirements with regard to emission, as defined in CISPR 11 for group 1, class A equipment. No other tests are specified.

A 10 m measuring distance may be used instead of 30 m, by increasing the limit values by 10 dB.

6.9.2 Immunity tests on secondary systems

6.9.2.1 General

Secondary systems of switchgear and controlgear shall be subjected to electromagnetic immunity tests if they include electronic equipment or components. In other cases no tests are required.

The following immunity tests are specified:

- electric fast transient/burst test (see 6.9.2.2). The test simulates the conditions caused by switching in the secondary circuit;
- oscillatory wave immunity test (see 6.9.2.3). The test simulates the conditions caused by switching in the main circuit.

Other EMC immunity tests do exist, but are not specified in this case. A compilation of EMC immunity tests is given in IEC 61000-4-1, and IEC 61000-6-5 deals with EMC immunity of apparatus in power generating stations and high-voltage substations.

Electrostatic discharge (ESD) tests are normally required on electronic equipment, and shall be performed on such equipment to be used in secondary systems of switchgear and controlgear. These tests need not be repeated on complete secondary systems. Radiated field and magnetic field tests are considered to be relevant only in special cases.

NOTE 1 Example of a special case: electronic devices, placed in the close vicinity of the busbars of metal-enclosed switchgear, may be influenced by magnetic fields. Supplementary arrangements may then be made in order to ensure electromagnetic compatibility.

NOTE 2 Use of radio-transmitters or cellular telephones close to a control cabinet with open door may subject the secondary system to considerable radio-frequency electromagnetic fields.

6.9.2.2 Guidelines for immunity tests

Electromagnetic immunity tests shall be made on complete secondary systems or sub-assemblies. Examples are given in figures 5, 6, 7, and 8. The tests may be made on

- the complete secondary system;
- subassemblies, such as central control cubicle, operating mechanism cubicle, etc.;
- subassemblies within a cubicle, such as metering or monitoring system.

Individual testing of subassemblies is strongly recommended in cases where long lengths of interconnections are needed, or where significant interference voltages are expected between the subassemblies. Individual testing is mandatory for each interchangeable subassembly.

Subassemblies may be positioned in different places within the secondary system, without invalidating the type test of the complete system, provided that the overall wiring length and the number of individual wires connecting the subassembly to the secondary system is not greater than in the tested system.

Interchangeable subassemblies may be replaced by similar subassemblies, without invalidating the original type test, provided that

- rules for design and installation given in IEC 61000-5 are followed;
- type tests have been performed on the most complete subassembly applicable to the type of switchgear and controlgear;
- manufacturer's design rules are the same as for the type-tested subassembly.

The test voltage shall be applied to the interface of the secondary system or tested subassembly. The interface shall be defined by the manufacturer.

The type test report shall clearly state what system or subassembly has been tested. See also annex A.

NOTE The immunity tests are intended to cover a majority of service conditions. There may be extreme situations where induced disturbances are more severe than those covered by the tests.

6.9.2.3 Electrical fast transient/burst test

An electrical fast transient/burst test shall be performed in accordance with IEC 61000-4-4. The test voltage and coupling shall be chosen according to table 17.

Table 17 – Application of voltage at the fast transient/burst test

Interface	Normal EMC severity class	Reduced EMC severity class	Coupling
	Test voltage kV	Test voltage kV	
Power lines	2	2	CDN ^a
Control lines	2	2	CDN
Communication and shielded lines	2	2	Capacitive coupling clamp
Earth terminal	2	2	CDN
^a CDN: coupling decoupling network.			

6.9.2.4 Oscillatory wave immunity test

An oscillatory wave immunity test shall be performed, with shape and duration of the test voltage in accordance with IEC 61000-4-12.

Damped oscillatory wave tests shall be made at 100 kHz and 1 MHz, with a relative tolerance of ± 30 %.

Disconnecter operations in GIS may create surges with extremely steep wave fronts. For that reason, additional test frequencies are under consideration for equipment nearby GIS (10 MHz and 50 MHz).

Tests shall be made for both common and differential mode. The test voltage and coupling method shall be chosen according to table 18.

NOTE The increased test voltage values for instrument transformer secondaries reflect actual disturbance values recorded in field installations.

Table 18 – Application of voltage at the damped oscillatory wave test

Interface	Normal EMC severity class Test voltage kV	Reduced EMC severity class Test voltage kV	Coupling
Power lines	Differential mode: 1,0 (2,5 ^a) Common mode: 2,5	Differential mode: 0,5 Common mode: 1,0	CDN ^b CDN
Control lines (measurement)	Differential mode: 1,0 (2,5 ^a) Common mode: 2,5	Differential mode: 0,5 Common mode: 1,0	CDN CDN
Communication (unshielded)	Differential mode: 1,0 Common mode: 2,5	Differential mode: 0,5 Common mode: 1,0	CDN CDN
Shielded lines	2,5	1,0	Between cabinets
^a For secondary circuits of instrument transformers only.			
^b CDN: coupling decoupling network.			

6.9.2.5 Behaviour of the secondary equipment during and after tests

The secondary system shall withstand each of the tests specified in 6.9.2.2 and 6.9.2.3 without permanent damage. After the tests it shall still be fully operative. Temporary loss of parts of the functionality is permitted according to table 19.

Table 19 – Assessment criteria for transient disturbance immunity tests

Function	Criterion ^a
Protection, teleprotection	1
Alarm	2
Supervision	2
Command and control	1
Measurement	2
Counting	1
Data processing – for high-speed protective system – for general use	1 2
Information	2
Data storage	1
Processing	2
Monitoring	2
Man-machine interface	2
Self-diagnostics	2
Processing, monitoring and self-diagnostic functions which are on-line connected, and are part of command and control circuits, shall fulfil criterion 1.	
^a Criteria, according to IEC 61000-4-1: 1: normal performance within the specification limits; 2: temporary degradation or loss of function or performance which is self-recoverable.	

6.10 Additional tests on auxiliary and control circuits

6.10.1 General

The objective of the tests described below is to qualify the whole assembly without repeating individual tests on components. Therefore, tests on components which comply with their relevant IEC standards and with relevant rated values shall not be repeated.

6.10.2 Functional tests

A functional test of all low-voltage circuits shall be made to verify the proper functioning of auxiliary and control circuits in conjunction with the other parts of the switchgear and controlgear. The test procedures depend on the nature and the complexity of the low-voltage circuits of the device. These tests are specified in the relevant IEC standards for switchgear and controlgear. They shall be performed with the upper and lower value limits of the supply voltage defined in 4.8.3.

For low-voltage circuits, sub-assemblies and components, operation tests can be omitted if they have been fully performed during a test applied to the whole switchgear and controlgear or in relevant circumstances.

6.10.3 Electrical continuity of earthed metallic parts test

A test shall be performed on auxiliary and control circuit enclosures.

The test equipment comprises a d.c. power supply with a maximum open circuit voltage of 12 V d.c., an output current regulator, and voltage and current measuring instruments.

A minimum current of 2 A shall be circulated between the main earthing connections and each of the following mechanical masses, if applicable:

- doors;
- door handles;
- frames;
- metallic enclosures.

NOTE It may be necessary to locally remove coating at measuring points.

The auxiliary and control circuits enclosures of switchgear and controlgear shall be considered to have passed the test if the measured resistance is below 0,5 Ω .

6.10.4 Verification of the operational characteristics of auxiliary contacts

6.10.4.1 General

Auxiliary contacts, which are contacts included in auxiliary circuits, shall be submitted to the following tests unless the equipment has passed the whole type tests as a functional unit.

6.10.4.2 Auxiliary contact rated continuous current

This test verifies the rated value of current which a previously closed auxiliary contact is capable of carrying continuously.

The circuit shall be closed and opened by means independent from the contact under test. Test procedures are described in 6.5.5. The contact shall carry its class rated continuous current according to table 16 without exceeding the temperature rise in table 3 based on the contact material and the working environment.

6.10.4.3 Auxiliary contact rated short time withstand current

This test verifies the value of current which a previously closed auxiliary contact is capable of carrying for a specified short period.

The circuit shall be closed and opened by means independent from the contact under test. The contact shall carry its class rated short time withstand current according to table 16 for 30 ms, with a resistive load. This implies that the current value to be obtained shall be reached within 5 ms after current initiation. The relative tolerance on the test current amplitude is $\begin{smallmatrix} +5 \\ -0 \end{smallmatrix}$ % and the relative tolerance on the test current duration is $\begin{smallmatrix} +10 \\ -0 \end{smallmatrix}$ %.

This test shall be repeated 20 times with a 1 min interval between each test. The contact resistance value shall be taken before and after the tests, with the contacts at ambient temperature for both measurements. The resistance increase shall be less than 20 %.

6.10.4.4 Auxiliary contact breaking capacity

This test verifies the breaking capacity of an auxiliary contact.

The circuit shall be closed by means independent from the contact under test. The contact shall carry for 5 s and shall break the current associated with its class according to table 16, with an inductive load. The relative tolerance on the test voltage is $\begin{smallmatrix} +10 \\ -0 \end{smallmatrix}$ % and the relative tolerance on the test current amplitude is $\begin{smallmatrix} +5 \\ -0 \end{smallmatrix}$ %.

For all classes, the circuit time constant shall not be less than 20 ms with a relative tolerance of $\begin{smallmatrix} +20 \\ -0 \end{smallmatrix}$ %.

This test shall be repeated 20 times with a 1 min interval between each test. The recovery voltage shall be maintained during each 1 min interval and for 300 ms $\pm$ 30 ms after the last operation. The contact resistance value shall be taken before and after the tests, with the contacts at ambient temperature for both measurements. The resistance increase shall be less than 20 %.

6.10.5 Ripple on d.c. input power port immunity test

This test is performed according to IEC 61000-4-17 and applies to electrical and electronic components. The relevant IEC standards for switchgear and controlgear should state whether or not such a test is necessary on some components (for example, it does not apply to motors, motor-operated disconnectors, etc.).

The test level is class 2, and the frequency of the ripple is equal to three times the rated frequency.

The assessment criterion is: "normal performance within the specification limits" (criterion a).

6.10.6 Voltage dips, short interruptions and voltage variations on d.c. input power port immunity tests

Reference to IEC 61000-4-29 is under consideration.

6.10.7 Environmental tests

6.10.7.1 General

Tests on all parts of auxiliary and control equipment should be made under conditions fully representative of those that pertain when mounted, housed or operated as in the complete switchgear and controlgear. Such conditions are satisfied when the tests are made on complete switchgear and controlgear as stated in 6.1.1. Where this is not done, care shall be taken to ensure that tests are carried out under conditions relevant to operation in the complete switchgear and controlgear.

Environmental tests shall be made in order to assess:

- the efficiency of the precautions taken;
- the proper functioning of auxiliary and control circuits over the whole range of actual service conditions inside the enclosures.

All these tests shall be carried out on the same equipment assembly.

These tests may be carried out on the cubicle by itself, or associated with the switchgear and controlgear.

Each environmental test of the auxiliary and control circuits can be omitted, if covered by a test applied to the whole switchgear and controlgear.

Once an equipment has successfully passed the environmental tests, it may be attached to the switchgear and controlgear in several ways (directly mounted on the frame, located separately as a local control cubicle, etc.).

Environmental tests should preferably be made on complete auxiliary and control circuits. Such tests, made on a representative auxiliary and control circuits assembly, are considered to verify the proper functioning of similar auxiliary and control circuits assemblies belonging to the same range of switchgear and controlgear equipment.

Environmental tests do not need to be repeated if the rated voltage of the auxiliary and control circuits is changed.

The change of rated supply voltage of auxiliary and control circuits may have, for some designs, an impact on the results of environmental tests. In practice, unless otherwise justified by the manufacturer, it is desirable to perform the environmental tests on auxiliary and control circuits having the highest rated supply voltage in order to cover all other similar auxiliary and control circuits designed for lower rated supply voltages.

As environmental tests verify the proper functioning of auxiliary and control circuits over the whole range of service conditions in normal operation, heating elements shall be ready to operate except where otherwise stated. Actual service conditions will determine whether the heating elements are in circuit or not.

At the end of the test duration, except for the vibration response test, auxiliary and control circuits shall be checked to ascertain whether they are capable of functioning in accordance with the relevant specifications. These checks will be based on a relevant set of functions. Auxiliary and control circuits shall be energised, and shall remain in the operating condition during and after the test until the functional checks have been performed.

The manufacturer shall clearly state which functionalities are checked at the end of the tests.

6.10.7.2 Cold test

A cold test shall be performed according to test Ad of IEC 60068-2-1, under the service conditions specified in clause 2. The test duration shall be 16 h.

6.10.7.3 Dry heat test

A dry heat test shall be performed according to test Ba of IEC 60068-2-2, under the service conditions specified in clause 2. The test temperature shall be the maximum ambient air temperature and the test duration shall be 16 h.

6.10.7.4 Damp heat, steady state test

A steady state humidity test shall be performed according to test Ca of IEC 60068-2-3. The test duration shall be four days.

6.10.7.5 Cyclic humidity test

A cyclic humidity test shall be performed according to test Db of IEC 60068-2-30. The upper temperature shall be the maximum ambient air temperature specified in clause 2 and the number of temperature cycles shall be two. Variant 2 may be used for the temperature fall period and recovery shall take place under standard atmospheric conditions. No special precautions shall be taken regarding the removal of surface moisture.

6.10.7.6 Vibration response and seismic tests

As the vibration response test is not covered by IEC 60068-2-6, reference is made to IEC 60255-21-1.

This test aims to determine any mechanical weakness of the auxiliary and control equipment assembly. Damage may be caused by two different vibration sources:

- vibrations due to operation of the associated switchgear or controlgear which are highly dependent on site installation. The test shall be performed according to IEC 60255-21-1. Vibration response test parameters are those corresponding to severity class 1. This test can be omitted if the auxiliary and control equipment assembly was subjected to the relevant mechanical endurance tests in the complete switchgear and controlgear;
- vibrations due to special service conditions specified in 2.2.4. The test will be performed by agreement between manufacturer and user. In this case, an appropriate seismic test according to IEC 60255-21-3, test severity class 1, should be considered.

The secondary system shall withstand the vibration response test without permanent damage. After the test, it shall still be fully operational. Temporary loss of parts of the functionality is permitted during the test according to criteria stated in table 19.

6.10.7.7 Other environmental tests

By agreement between manufacturer and user (see 2.2.5), other environmental tests may be performed according to IEC 60068-2.

6.10.7.8 Final condition check

The power frequency voltage withstand tests according to 6.2.10 shall be repeated after all other type tests have been completed, to confirm that there has been no reduction of performance during testing.

7 Routine tests

The routine tests are for the purpose of revealing faults in material or construction. They do not impair the properties and reliability of a test object. The routine tests shall be made wherever reasonably practicable at the manufacturer's works on each apparatus manufactured, to ensure that the product is in accordance with the equipment on which the type tests have been passed. By agreement, any routine test may be made on site.

The routine tests given in this standard comprise:

- a) dielectric test on the main circuit in accordance with 7.1;
- b) tests on auxiliary and control circuits in accordance with 7.2;
- c) measurement of the resistance of the main circuit in accordance with 7.3;

- d) tightness test in accordance with 7.4;
- e) design and visual checks in accordance with 7.5.

Additional routine tests may be necessary and will be specified in the relevant IEC standards.

When switchgear and controlgear are not completely assembled before transport, separate tests shall be made on all transport units. In this event, the manufacturer shall demonstrate the validity of his test (example: leakage rate, test voltage, resistance of part of the main circuit).

Test reports of the routine tests are normally not necessary unless otherwise agreed upon between manufacturer and user.

7.1 Dielectric test on the main circuit

A dry, short-duration power-frequency voltage test shall be applied. The test shall be made according to IEC 60060-1, and to 6.2 on complete apparatus or on separate poles, or on transport units in new, clean and dry conditions.

The test voltage shall be that specified in column 2 of tables 1 or 2 according to the relevant IEC standards, or the applicable part of it.

When the insulation of switchgear and controlgear is provided only by solid-core insulators and air at ambient pressure, the power-frequency voltage withstand test may be omitted if the dimensions between the conductive parts – between phases, across open switching device and between conductive parts and the frame – are checked by dimensional measurements.

Bases for the checking of dimensions are the dimensional (outline) drawings, which are part of the type test report (or are referred to in it) of the particular switchgear and controlgear. Therefore, in these drawings all information necessary for dimensional checking including the permissible tolerances shall be given.

7.2 Tests on auxiliary and control circuits

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

The nature of the materials, the quality of assembly, the finish and, if necessary, the protective coatings against corrosion shall be checked. A visual inspection is also necessary to check the satisfactory installation of the thermal insulation.

A visual inspection of actuators, interlocks, locks, etc., shall be made.

Components for auxiliary and control circuits inside enclosures shall be checked for proper mounting. The location of the means provided for connecting external wiring shall be checked to ensure that there is sufficient wiring space for spreading of the cores of multi-core cables and for the proper connection of the conductors.

The conductors and cables shall be checked for proper routing. Special attention shall be given to ensure that no mechanical damage can occur to conductors and cables due to the proximity of sharp edges or heating elements, or to the movement of moving parts.

Furthermore, the identification of components and terminals and, if applicable, the identification of cables and wiring shall be verified. In addition, the conformity of auxiliary and control circuits to the circuit diagrams and wiring diagrams shall be checked and the technical data provided by the manufacturer (for example, number of free auxiliary contacts and the class of each one, number, type and capacity of contacts other than auxiliary and control contacts, electrical power of shunt releases, etc.).

7.2.2 Functional tests

A functional test of all low-voltage circuits shall be made to verify the proper functioning of auxiliary and control circuits in conjunction with the other parts of the switchgear and controlgear. The test procedures depend on the nature and the complexity of the low-voltage circuits of the device. These tests are specified in the relevant IEC standards for switchgear and controlgear. They shall be performed with the upper and lower limits values of the supply voltage defined in 4.8.3.

Operation tests on low-voltage circuits, sub-assemblies and components can be omitted if they have been fully tested during a test applied to the whole switchgear and controlgear.

7.2.3 Verification of protection against electrical shock

Protection against direct contact with the main circuit and safe accessibility to the auxiliary and control equipment parts liable to be touched during normal operation shall be checked. Where possible (for example, without removing any coating), the electrical continuity of earthed metallic parts shall be tested under the same conditions as those detailed in 6.10.3. Where not possible, a visual inspection shall be performed.

7.2.4 Dielectric tests

Only power frequency tests shall be performed. This test shall be made under the same conditions as those detailed in 6.2.10.

The test voltage shall be 1 kV with a duration of 1 s.

7.3 Measurement of the resistance of the main circuit

For the routine test, the d.c. voltage drop or resistance of each pole of the main circuit shall be measured under conditions as nearly as possible similar with regard to ambient air temperature and points of measurement to those under which the corresponding type test was made. The test current should be within the range stated in 6.4.1.

The measured resistance shall not exceed $1,2 R_u$, where R_u is equal to the resistance measured before the temperature-rise test.

7.4 Tightness test

Routine tests shall be performed at normal ambient air temperature with the assembly filled at the pressure (or density) corresponding to the manufacturer's test practice. For gas-filled systems sniffing may be used.

7.4.1 Controlled pressure systems for gas

The test procedure corresponds to 6.8.1.

7.4.2 Closed pressure systems for gas

The test procedure corresponds to 6.8.2.

The test may be performed at different stages of the manufacturing process or of assembling on site, on parts, components and sub-assemblies, according to the tightness coordination chart TC.

7.4.3 Sealed pressure systems

a) Switchgear using gas

The test procedure corresponds to 6.8.3, item a).

b) Vacuum switchgear

Each vacuum tube shall be identified by its serial number. Its vacuum pressure level shall be tested by the manufacturer in accordance with 6.8.3, item b).

The test results shall be documented and, if asked for, certified.

After assembly of the switchgear device the vacuum pressure level of the vacuum tubes shall be tested by a significant routine dielectric test across the open contacts. The test voltage shall be stated by the manufacturer.

The dielectric test shall be carried out after the mechanical routine test.

7.4.4 Liquid tightness tests

Routine tests shall be performed at normal ambient air temperature with the completely assembled switchgear and controlgear device. Testing of sub-assemblies is also permissible. In this case, a final check shall be performed at site.

The test methods correspond to those of the type tests (see 6.8.4).

7.5 Design and visual checks

The switchgear and controlgear shall be checked to verify its compliance with the purchase specification.

8 Guide to the selection of switchgear and controlgear

To be specified in the relevant IEC standards for switchgear and controlgear.

9 Information to be given with enquiries, tenders and orders

To be specified in the relevant IEC standards for switchgear and controlgear.

10 Rules for transport, storage, installation, operation and maintenance

It is essential that the transport, storage and installation of switchgear and controlgear, as well as their operation and maintenance in service, be performed in accordance with instructions given by the manufacturer.

Consequently, the manufacturer should provide instructions for the transport, storage, installation, operation and maintenance of switchgear and controlgear. The instructions for the transport and storage should be given at a convenient time before delivery, and the instructions for the installation, operation and maintenance should be given by the time of delivery at the latest.

It is impossible, here, to cover in detail the complete rules for the installation, operation and maintenance of each one of the different types of apparatus manufactured, but the following information is given relative to the most important points to be considered for the instructions provided by the manufacturer.

10.1 Conditions during transport, storage and installation

A special agreement should be made between manufacturer and user if the service conditions of temperature and humidity defined in the order, cannot be guaranteed during transport, storage and installation. Special precautions may be essential for the protection of insulation during transport, storage and installation, and prior to energizing, to prevent moisture absorption due, for instance, to rain, snow or condensation. Vibrations during transport shall be considered. Appropriate instructions should be given.

10.2 Installation

For each type of switchgear and controlgear the instructions provided by the manufacturer should at least include the items listed below.

10.2.1 Unpacking and lifting

Required information for unpacking and lifting safely, including details of any special lifting and positioning devices which are necessary, should be given.

10.2.2 Assembly

When the switchgear and controlgear is not fully assembled for transport, all transport units should be clearly marked. Drawings showing assembly of these parts should be provided with the switchgear and controlgear.

10.2.3 Mounting

Instructions for mounting of switchgear and controlgear, operating device and auxiliary equipment should include sufficient details of locations and foundations to enable site preparation to be completed.

These instructions should also indicate:

- the total mass of the apparatus inclusive of extinguishing or insulating fluids;
- the mass of extinguishing or insulating fluids;
- the mass of the heaviest part of the apparatus to be lifted separately if it exceeds 100 kg.

10.2.4 Connections

Instructions should include information on:

- a) connection of conductors, comprising the necessary advice to prevent overheating and unnecessary strain on the switchgear and controlgear and to provide adequate clearance distances;
- b) connection of auxiliary circuits;
- c) connection of liquid or gas systems, if any, including size and arrangement of piping;
- d) connection for earthing.

10.2.5 Final installation inspection

Instructions should be provided for inspection and tests which should be made after the switchgear and controlgear has been installed and all connections have been completed.

These instructions should include:

- a schedule of recommended site tests to establish correct operation;
- procedures for carrying out any adjustment that may be necessary to obtain correct operation;
- recommendations for any relevant measurements that should be made and recorded to help with future maintenance decisions;
- instructions for final inspection and putting into service.

Guidance for electromagnetic compatibility site measurements is given in annex H.

10.3 Operation

The instructions given by the manufacturer should contain the following information:

- a general description of the equipment with particular attention to the technical description of its characteristics and operation so that the user has an adequate understanding of the main principles involved;
- a description of the safety features of the equipment and the operation of the interlocks and padlocking facilities;
- as relevant, a description of the action to be taken to manipulate the equipment for operation isolation, earthing, maintenance and testing.

10.4 Maintenance

The effectiveness of maintenance depends mainly on the way instructions are prepared by the manufacturer and implemented by the user.

10.4.1 Recommendations for the manufacturer

- a) The manufacturer should issue a maintenance manual including the following information:
- 1) Extent and frequency of maintenance. For this purpose the following factors should be considered:
 - switching operations (current and number);
 - total number of operations;
 - time in service (periodic intervals);
 - environmental conditions;
 - measurements and diagnostic tests, (if any).
 - 2) Detailed description of the maintenance work;
 - recommended place for the maintenance work (indoor, outdoor, in factory, on site, etc.);
 - procedures for inspection, diagnostic tests, examination, overhaul;
 - reference to drawings;
 - reference to part numbers;
 - use of special equipment or tools;
 - precautions to be observed (e.g. cleanliness and possible effects of harmful arcing by-products);
 - lubrication procedures.

- 3) Comprehensive drawings of the details of the switchgear and controlgear important for maintenance, with clear identification (part number and description) of assemblies, sub-assemblies and significant parts.

NOTE Expanded detail drawings which indicate the relative position of components in assemblies and sub-assemblies are a recommended illustration method.

- 4) Limits of values and tolerances which, when exceeded, make corrective action necessary. For example:
 - pressures, density levels;
 - resistors and capacitors (of the main circuit);
 - operating times;
 - resistance of the main circuits;
 - insulating liquid or gas characteristics;
 - quantities and quality of liquid or gas (see IEC 60480 and IEC 61634 for SF₆);
 - permissible erosion of parts subject to wear;
 - torques;
 - important dimensions.
- 5) Specifications for auxiliary maintenance materials, including warning of known non-compatibility of materials:
 - grease;
 - oil;
 - fluid;
 - cleaning and degreasing agents.
- 6) List of special tools, lifting and access equipment.
- 7) Tests after the maintenance work.
- 8) List of the recommended spare-parts (description, reference number, quantities) and advice for storage.
- 9) Estimate of active scheduled maintenance time.
- 10) How to proceed with the equipment at the end of its operating life, taking into consideration environmental requirements.
- b) The manufacturer should inform the users of a particular type of switchgear and controlgear and about corrective actions required by possible systematic defects and failures.
- c) Availability of spares:

The manufacturer should be responsible for ensuring the continued availability of spare parts required for maintenance for a period of not less than 10 years from the date of final manufacture of the switchgear and controlgear.

10.4.2 Recommendations for the user

- a) If the user wishes to do his own maintenance, he should ensure that his staff have sufficient qualification as well as a detailed knowledge of the respective switchgear and controlgear.
- b) The user should record the following information:
 - the serial number and the type of the switchgear and controlgear;
 - the date when the switchgear and controlgear is put in service;
 - the results of all measurements and tests including diagnostic tests carried out during the life of the switchgear and controlgear;
 - dates and extent of the maintenance work carried out;
 - the history of service, periodical records of the operation counters and other indications (e.g. short-circuit operations);
 - references to any failure report.

- c) In case of failure and defects, the user should make a failure report and should inform the manufacturer by stating the special circumstances and measures taken. Depending upon the nature of the failure, an analysis of the failure should be made in collaboration with the manufacturer.

10.4.3 Failure report

The purpose of the failure report is to standardize the recording of the switchgear and controlgear failures with the following objectives:

- to describe the failure using a common terminology;
- to provide data for the user statistics;
- to provide a meaningful feedback to the manufacturer.

The following gives guidance on how to make a failure report.

A failure report should include:

- a) Identification of the switchgear which failed:
- substation name;
 - identification of the switchgear (manufacturer, type, serial number, ratings);
 - switchgear family (air blast, minimum oil, SF₆, vacuum);
 - location (indoor, outdoor);
 - enclosure;
 - operating mechanism, if applicable (hydraulic, pneumatic, spring, motor, manual).
- b) History of the switchgear:
- date of commissioning of the equipment;
 - date of failure/defect;
 - total number of operating cycles, if applicable;
 - date of last maintenance;
 - details of any changes made to the equipment since manufacture;
 - total number of operating cycles since last maintenance;
 - condition of the switchgear when the failure/defect was discovered (in service, maintenance, etc.).
- c) Identification of the sub-assembly/component responsible for the primary failure/defect
- high-voltage stressed components;
 - electrical control and auxiliary circuits;
 - operating mechanism, if applicable;
 - other components.
- d) Stresses presumed contributing to the failure/defect
- Environmental conditions (temperature, wind, rain, snow, ice, pollution, lightning, etc.).
- e) Classification of the failure/defect
- major failure;
 - minor failure;
 - defect.
- f) Origin and cause of the failure/defect
- origin (mechanical, electrical, tightness if applicable);
 - cause (design, manufacture, inadequate instructions, incorrect mounting, incorrect maintenance, stresses beyond those specified, etc.).

g) Consequences of the failure or defect

- switchgear down-time;
- time consumption for repair;
- labour cost;
- spare parts cost.

A failure report may include the following information:

- drawings, sketches;
- photographs of defective components;
- single-line station diagram;
- operation and timing sequences;
- records or plots;
- references to maintenance or operating manuals.

11 Safety

High-voltage switchgear and controlgear can be safe only when installed in accordance with the relevant installation rules, and used and maintained in accordance with the manufacturer's instructions (see clause 10).

High-voltage switchgear and controlgear is normally only accessible by instructed persons. It shall be operated and maintained by skilled persons. When unrestricted access is available to distribution switching and controlgear, additional safety features may be required.

The following specifications of this standard provide personal safety measures for switchgear and controlgear against various hazards:

11.1 Electrical aspects

- insulation of the isolating distance (see 4.2);
- earthing (indirect contact) (see 5.3);
- separation of HV and LV circuits (see 5.4);
- IP coding (direct contact) (see 5.13.1).

11.2 Mechanical aspects

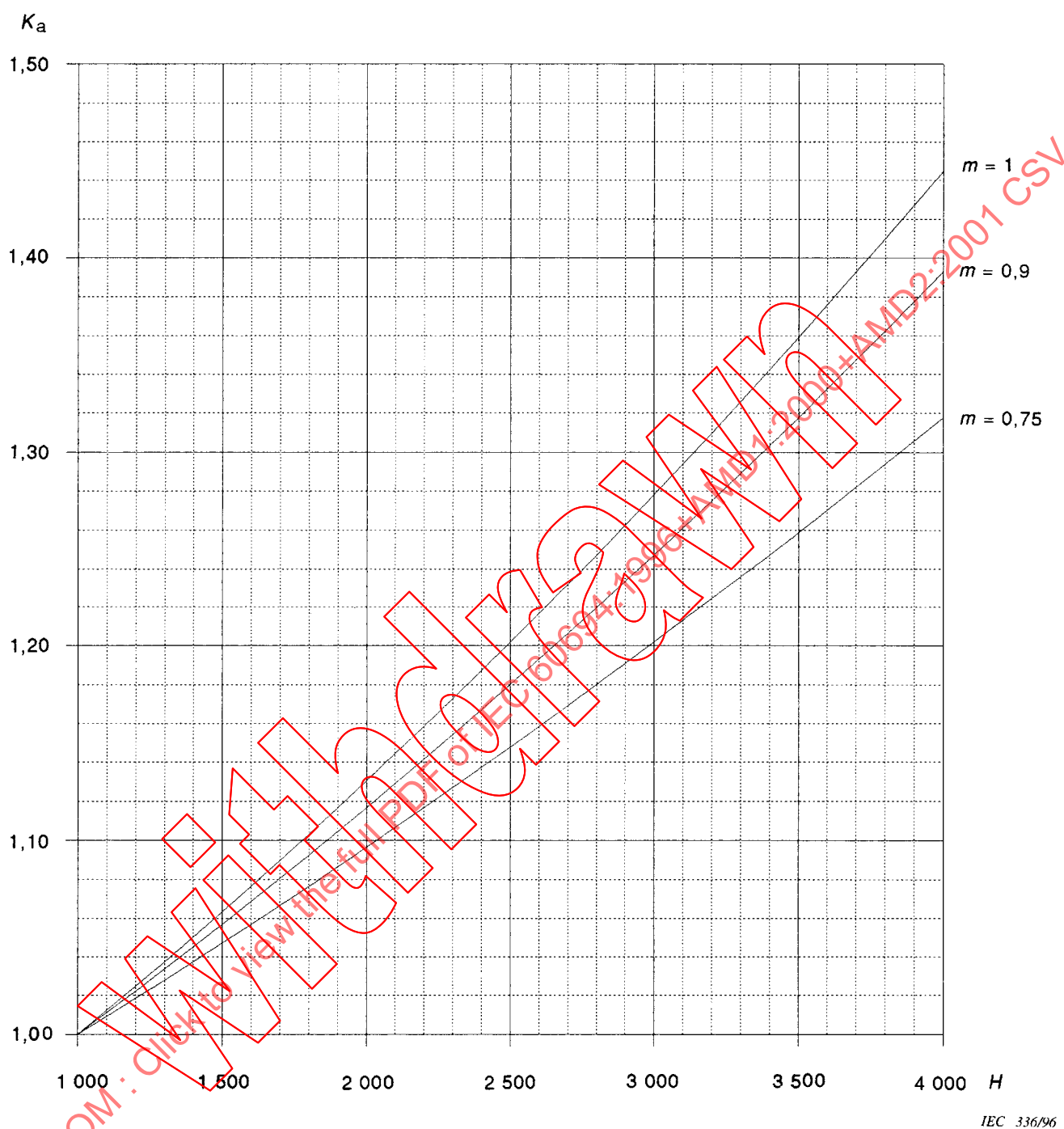
- pressurized components (see 5.2);
- manual actuating force (see 5.6.3);
- IP coding (moving parts) (see 5.13.1);
- mechanical impact protection (see 5.13.3).

11.3 Thermal aspects

- maximum temperature of accessible parts (see table 3);
- flammability (see 5.17).

11.4 Operation aspects

- dependent power operation (see 5.5);
- manual charging (see 5.6.3);
- independent manual operation (see 5.7);
- interlocking devices (see 5.11);
- position indication (see 5.12).



These factors can be calculated from 4.2.2 of IEC 60071-2 with the following equation:

$$K_a = e^{m (H-1\,000)/8150}$$

where

H is the altitude in metres;

m is taken as fixed value in each case for simplification as follows:

- $m = 1$ for power-frequency, lightning impulse and phase-to-phase switching impulse voltages
- $m = 0.9$ for longitudinal switching impulse voltage
- $m = 0.75$ for phase-to-earth switching impulse voltage.

Figure 1 – Altitude correction factor (see 2.2.1)

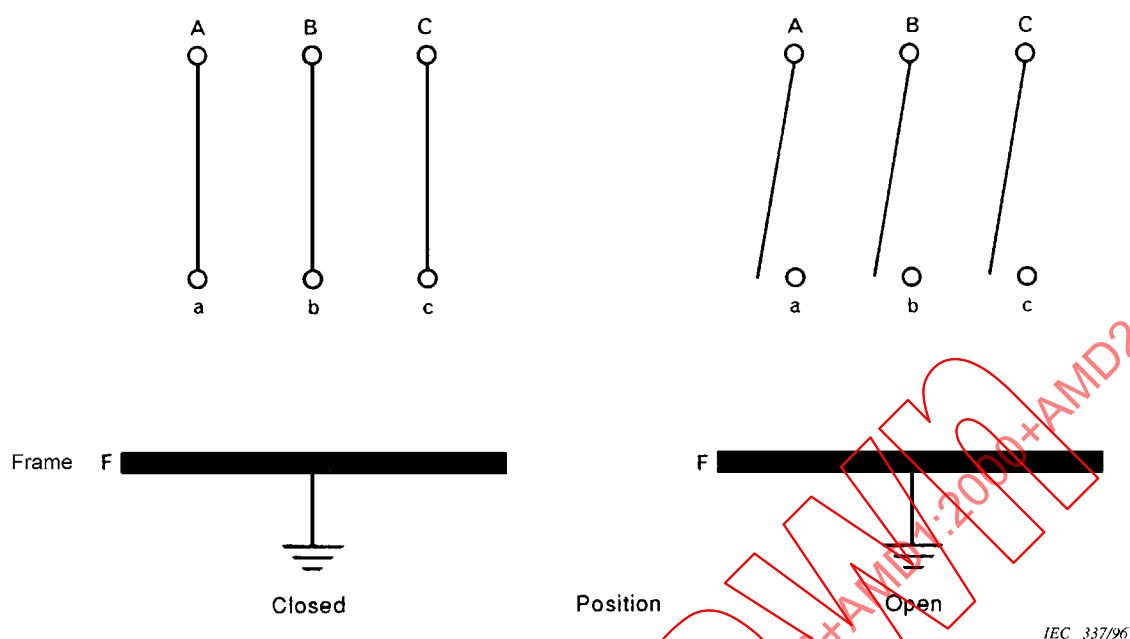
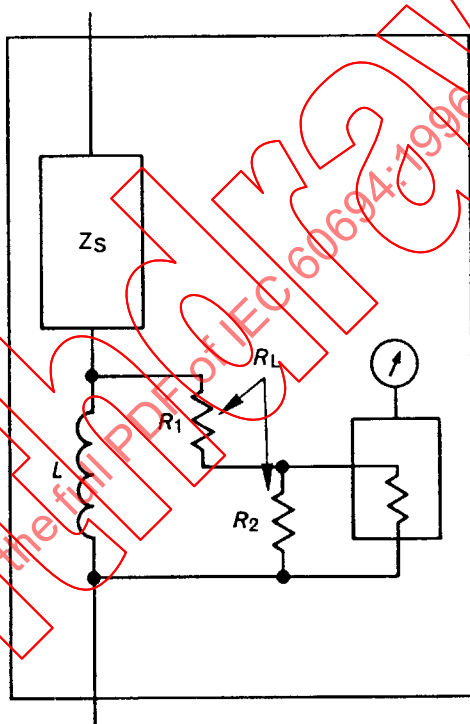
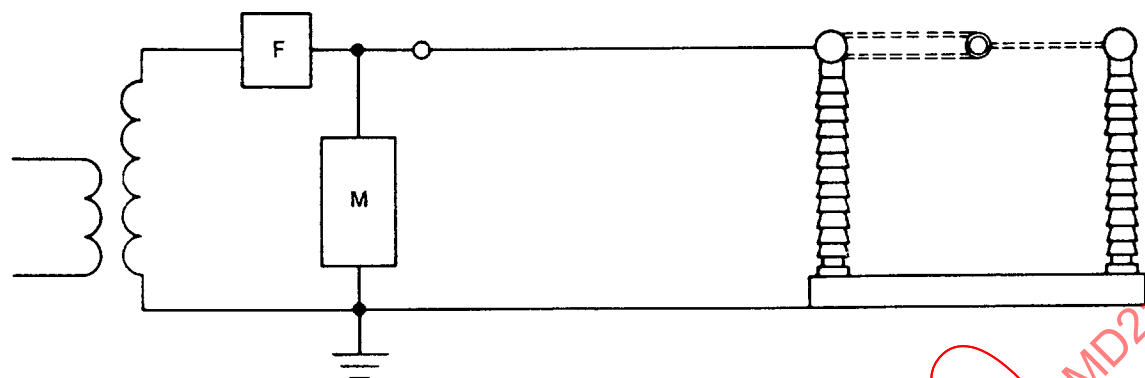


Figure 2 – Diagram of connections of a three-pole switching device (see 6.2.5.1)



Details of M

IEC 338/96

- F Filter
- R_L The equivalent resistance of R_1 in series with the parallel combination of R_2 and the equivalent resistance of the measuring set.
- Z_s May be either a capacitor or a circuit composed of a capacitor and an inductor in series
- L The impedance used to shunt power-frequency currents and to compensate for stray capacitance at the measuring frequency

Figure 3 – Diagram of a test circuit for the radio interference voltage test of switching devices (see 6.3)

Annex A (normative)

Identification of test specimens

The following data and drawings, as applicable, shall be submitted by the manufacturer to the testing laboratory, in respect of each test sample (but not necessarily included in the test report). Information to be included in the test report is given in 6.1.3.

A.1 Data

- Manufacturer's name;
- Type designation, ratings and serial number of apparatus;
- Outline description of apparatus (including number of poles, interlocking system, busbar system, earthing system, and the arc extinguishing process);
- Make, type, serial numbers, ratings of essential parts, where applicable (e.g. operating mechanisms, interrupters, shunt impedances, relays, fuse links, insulators);
- Rated characteristics of fuse links and protective devices;
- Whether the apparatus is intended for operation in the vertical and horizontal plane.

A.2 Drawings

Drawings to be submitted	Drawing content (as applicable)
Single-line diagram of main circuit	Type designation of principal components
General layout NOTE For an assembly it may be necessary to provide drawings of the complete assembly and of each switching device.	Overall dimensions Supporting structure Enclosure(s) Pressure-relief devices Conducting parts of main circuit Earthing conductors and earthing connections Electrical clearances: – to earth, between open contacts – between poles Location and dimensions of barriers between poles Location of earthed metallic screens, shutters or partitions in relation to live parts Liquid insulation level Location and type designation of insulators Location and type designation of instrument transformers
Detailed drawings of insulators	Material Dimensions (including profile and creepage distances)
Arrangement drawings of cable boxes	Electrical clearances Principal dimensions Terminals Level or quantity and specifications of insulant in filled boxes Cable termination details
Detailed drawings of parts of the main circuit and associated components	Dimensions and material of principal parts Cross-sectional view through the axis of main and arcing contacts Travel of moving contacts Electrical clearance between open contacts Distance between point of contact separation and end of travel Assembly of fixed and moving contacts Details of terminals (dimensions, materials) Identity of springs Material and creepage distances of insulating parts
Detailed drawings of mechanisms (including coupling and operating mechanisms)	Arrangement and identity of main components of the kinematic chains to: – main contacts – auxiliary switches – pilot switches – position indication Latching device Assembly of mechanism Interlocking devices Identity of springs Control and auxiliary devices
Electrical diagram of auxiliary and control circuits (if applicable)	Type designation of all components

Annex B (normative)

Determination of the equivalent r.m.s. value of a short-time current during a short circuit of a given duration

The method illustrated in figure B.1 should be used to determine the short-time current (see 6.6.2).

The total time t_t of the test is divided into 10 equal parts by verticals 0 – 0,1 ... 1 and the r.m.s. value of the a.c. component of the current is measured at these verticals.

These values are designated:

$$Z_0, Z_1 \dots Z_{10}$$

where:

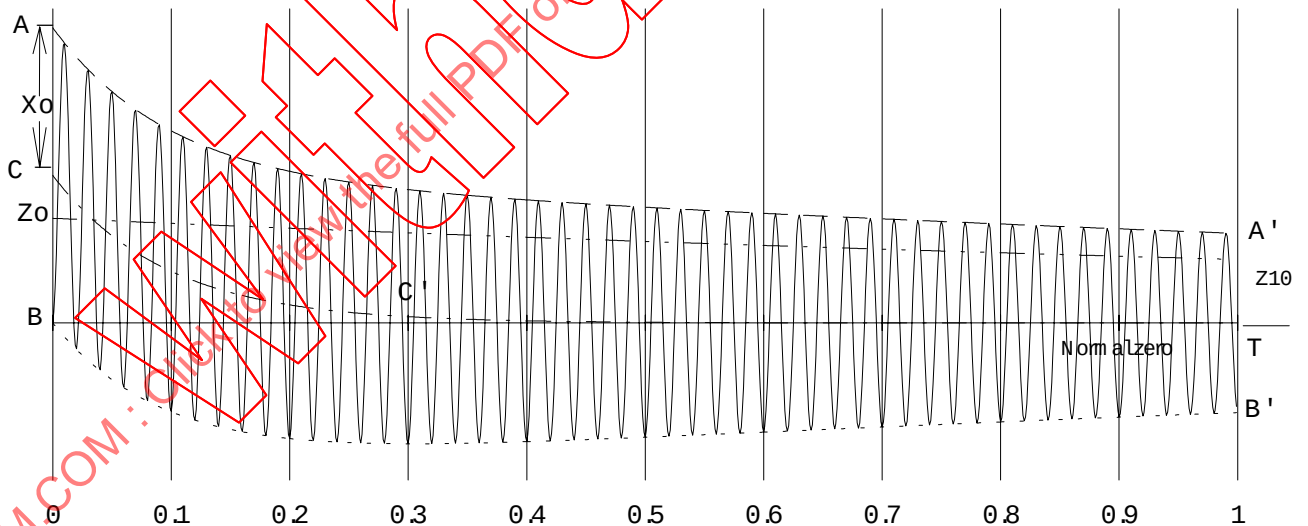
$$Z = X/\sqrt{2}$$

and X is the peak value of a.c. component of current.

The equivalent r.m.s. current during the time t_t is given by:

$$I_t = \sqrt{\frac{1}{30} \left[Z_0^2 + 4(Z_1^2 + Z_3^2 + Z_5^2 + Z_7^2 + Z_9^2) + 2(Z_2^2 + Z_4^2 + Z_6^2 + Z_8^2) + Z_{10}^2 \right]}$$

The d.c. component of current represented by CC' is not taken into account.



IEC 339/96

- AA' Envelopes of current wave.
- BB' Displacement of current wave zero line from normal zero line at any instant.
- CC' RMS value of a.c. component of current at any instant measured from normal zero;
d.c. component is neglected.
- Z0...Z10 Peak value of a.c. component of current at instant of initiating short circuit.
- X0 Duration of short circuit, t_t .
- BT

Figure B.1 – Determination of short-time current

Annex C

(normative)

Method for the weatherproofing test for outdoor switchgear and controlgear

The switchgear and controlgear to be tested shall be fully equipped and complete with all covers, screens, bushings, etc., and placed in the area to be supplied with artificial precipitation. For switchgear and controlgear comprising several functional units a minimum of two units shall be used to test the joints between them.

The artificial precipitation shall be supplied by a sufficient number of nozzles to produce a uniform spray over the surfaces under test. The various parts of the switchgear and controlgear may be tested separately, provided that a uniform spray is simultaneously applied also to both of the following:

- a) the top surfaces from nozzles located at a suitable height;
- b) the floor outside the equipment for a distance of 1 m in front of the parts under test with the equipment located at the minimum height above the floor level specified by the manufacturer.

Where the width of the equipment exceeds 3 m, the spray may be applied to 3 m wide sections in turn. Pressurized enclosures need not be submitted to artificial precipitation.

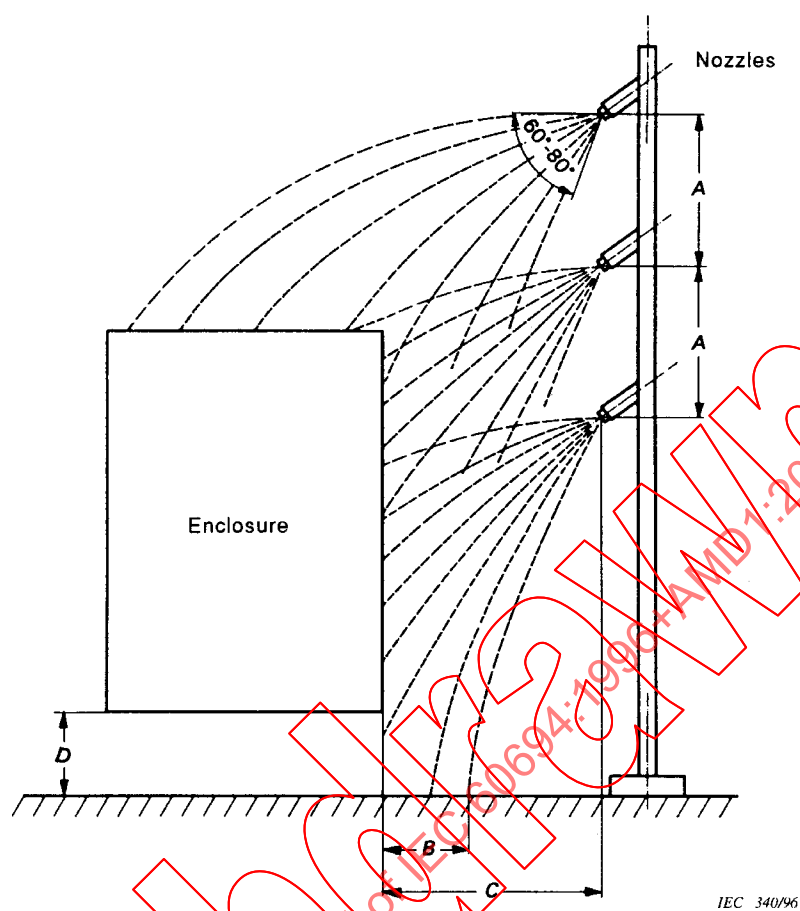
Each nozzle used for this test shall deliver a square-shaped spray pattern with uniform spray distribution and shall have a capacity of $30 \text{ l/min} \pm 10 \%$ at a pressure of $460 \text{ kPa} \pm 10 \%$ and a spray angle of 60° to 80° . The centre lines of the nozzles shall be inclined downwards so that the top of the spray is horizontal as it is directed towards the surfaces being tested. It is convenient to arrange the nozzles on a vertical stand-pipe and to space them about 2 m apart (see test arrangement in figure C.1).

The pressure in the feed pipe of the nozzles shall be $460 \text{ kPa} \pm 10 \%$ under flow conditions. The rate at which water is applied to each surface under test shall be about 5 mm/min, and each surface so tested shall receive this rate of artificial precipitation for a duration of 5 min. The spray nozzles shall be at a distance between 2,5 m and 3 m from the nearest vertical surface under test.

NOTE When a nozzle in accordance with figure C.2 is used, the quantity of water is considered to be in accordance with this standard when the pressure is $460 \text{ kPa} \pm 10 \%$.

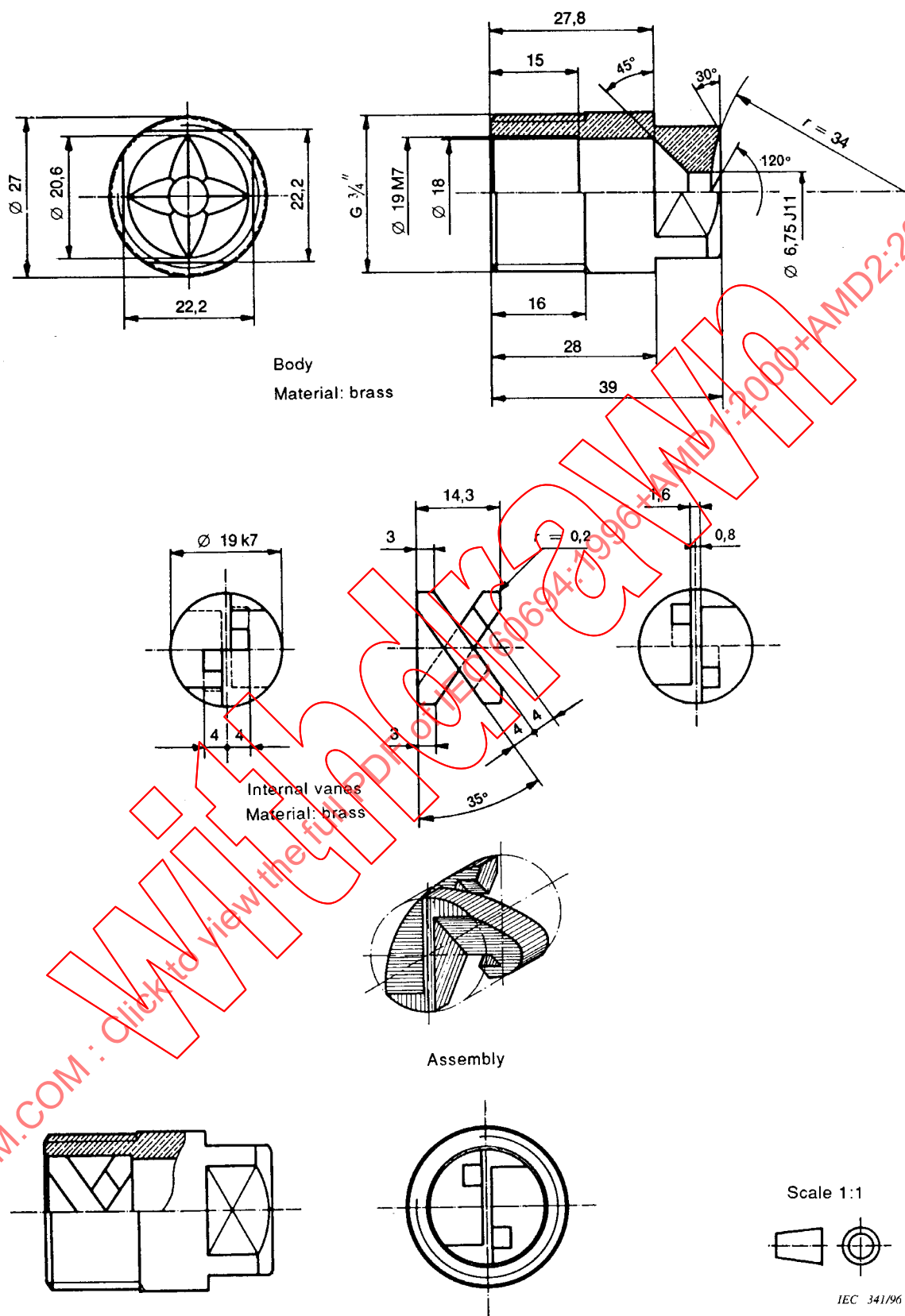
After the test is completed, the equipment shall be inspected promptly to determine whether the following requirements have been met:

- 1) no water shall be visible on the insulation of the main and auxiliary circuits;
- 2) no water shall be visible on any internal electrical components and mechanisms of the equipment;
- 3) no significant accumulation of water shall be retained by the structure or other non-insulating parts (to minimize corrosion).



A	About 2 m
B	1 m
C	2,5 m to 3 m
D	Minimum height above floor

Figure C.1 – Arrangement for weatherproofing test



Dimensions in millimetres

Figure C.2 – Nozzle for weatherproofing test

Annex D (informative)

Information about insulation levels and tests

The object of this annex is to give information about the insulation levels and tests specified in this standard.

D.1 Specification

The rated insulation levels are mainly based on the requirements of IEC 60071-1. The application guide IEC 60071-2 (future third edition) gives every explanation as to the relation between the system nominal voltage and the standardized insulation levels. But these standards are designed to be used by all sorts of equipment: insulators, cables, power transformers, etc. Therefore, some choices need to be made applying them to high-voltage switchgear and controlgear.

D.1.1 Phase-to-earth

The insulation levels have been selected taking into account the values most used for switchgear and controlgear.

In addition to IEC 60071-1, a rated short-duration power-frequency withstand voltage is added for rated voltages higher than 245 kV, in order to check the withstand of temporary overvoltages by internal insulation.

D.1.2 Phase-to-phase

No changes are made to the specifications of IEC 60071-1 for the insulation between poles.

D.1.3 Longitudinal insulation

Since no other IEC product standards specify longitudinal insulation, the rated withstand values need not be taken from the list of IEC 60071-1.

D.1.3.1 Isolating distance

In addition to the requirements of insulation coordination, the standard specifies insulation of the "isolating distance". This is to cover special conditions which are to be met by disconnectors to provide an additional safety factor (1,15) (see 5.102 of IEC 60129).

The intent is not to provide "auto-coordination" which would require that any disruptive discharge occurs phase-to-earth on the switching device rather than between its open contacts. It is generally recognized that when work has to be carried out on a high-voltage conductor, safety is insured only when the conductor is connected to earth. Local safety rules shall apply.

D.1.3.2 Combined voltage tests of tables 2

A combined voltage test is one in which two separate sources, generating voltages against earth, are connected to two terminals of the test object (see clause 26 of IEC 60060-1).

Such a test is required for switchgear and controlgear of 300 kV and above to account for out-of-phase conditions across the isolating distances or for coupling circuit-breakers. It may also be useful to perform any test where the test voltage between two live parts is specified higher than phase-to-earth.

The components of the combined voltage tests have been specified after the following considerations:

– *Short-duration power-frequency withstand voltage*

The specified power-frequency withstand voltage values correspond to the most severe situation of full load rejection after disconnection of a generator at full load. The over-voltage on the generator side of the switching device may reach up to 1,5 times the system voltage and may last up to 3 s with possible phase shift. At the same time, the network side of the switching device is energized at the normal operating voltage. The sum of the two voltages in phase opposition is 2,5 times the system voltage, extended here to 2,5 the rated voltage.

– *Switching impulse withstand voltage*

The switching impulse voltage value specified phase to earth in column 4 of table 2 is designed to cover the highest slow-front overvoltage likely to occur at the switching device terminal. This occurs at the remote end of a line after fast reclosing from the other end on a trapped charge. This highest overvoltage is of the same polarity as the power-frequency voltage of the network at this instant and therefore is not to be retained when the maximum stress across a switching device is looked for. The maximum stress takes place when an overvoltage occurs on the polarity opposite to the power-frequency voltage of the system. The maximum value in this case is the one occurring on closing from the remote end, which is lower than the one occurring on reclosing. Therefore, the values of switching impulse specified in column 6 are lower than those of column 4.

– *Lightning impulse*

In the process of designing insulation coordination, IEC 60071-1 takes into account the probability of occurrences of a situation to choose the performance criteria. The likelihood that the maximum fast-front overvoltage occurs on the terminal of a switching device at the instant when its opposite terminal is energized with the maximum system voltage at opposite polarity is small. Therefore, the specified lightning impulse to be considered in this particular case need not be as high as for the general case. A reduction of about 5 % has been proved more than adequate during the last decades. For convenient testing, this reduction of the total voltage across the switching device is applied to the power-frequency voltage component.

D.2 Testing

D.2.1 Test of the longitudinal insulation with the alternative method

To be strictly equivalent to the preferred method, the voltage between the energized terminal and the frame should be equal to the rated withstand voltage phase to earth. But it is difficult to adjust exactly this voltage simultaneously with the longitudinal test voltage. The value of U_f has been fixed considering the following facts:

- the test voltage between any terminal and the frame cannot exceed the rated phase to earth withstand voltage without risk;
- the electric field stress across open contacts is mainly dependant on the voltage across them, and to a lesser extent on the voltage to earth;
- the determination of the rated withstand voltage of the isolating distance is not so accurate;
- safety factor is included in the process of insulation coordination (see IEC 60071-1); to account for such testing difficulties.

D.2.2 Test between phases for rated voltages above 245 kV

D.2.2.1 Voltage share between the two switching impulse components of the phase-to-phase test

The actual ratio of the two components may have any value on the network. In order to simplify the tests IEC 60071-1 decided to specify balanced components (same amplitude with opposite polarities). Since this leads to a less severe condition, the total test voltage was increased to cover any realistic case (see annex C of IEC 60071-2). So if the same total test voltage is applied by an unbalanced share of the components, the test is more difficult than required.

But few laboratories have two impulse generators. So one component may be replaced by the peak of a power-frequency voltage. But this leads to power-frequency voltages higher than specified phase-to-earth, and for a rather long duration. Therefore, some compromise is necessary depending on the actual phase-to-earth withstand voltage of the switching device and on the laboratory's facilities.

D.2.2.2 Wet tests

No wet switching impulse tests are normally necessary between phases for the following reasons:

- enclosed insulation does not need wet tests;
- insulation between phases exposed to weather precipitations is only atmospheric air, the withstand voltage of which is not sensitive to this influence for switchgear and controlgear of rated voltage above 245 kV.

D.2.3 Combined voltage tests of longitudinal insulation

D.2.3.1 Tolerance on the power-frequency voltage component

According to IEC 60060-1, the tolerance of the power-frequency component voltage should be maintained within 3 % of the specified level. This allows for some variations from the main voltage without permanent adjustment. But during a combined voltage test, the laboratory has also to monitor many other parameters from the impulse voltage source. Therefore a higher tolerance is acceptable for this component, but the test voltage to be considered is the actual total voltage across the open contacts or the isolating distance.

D.2.3.2 Atmospheric correction factor

The atmospheric correction factor should be calculated according to IEC 60060-1. In the case of combined voltage test, the atmospheric correction factor should be applied to the total test voltage, which is the sum of the two components.

Annex E
(informative)

Tightness (information, example and guidance)

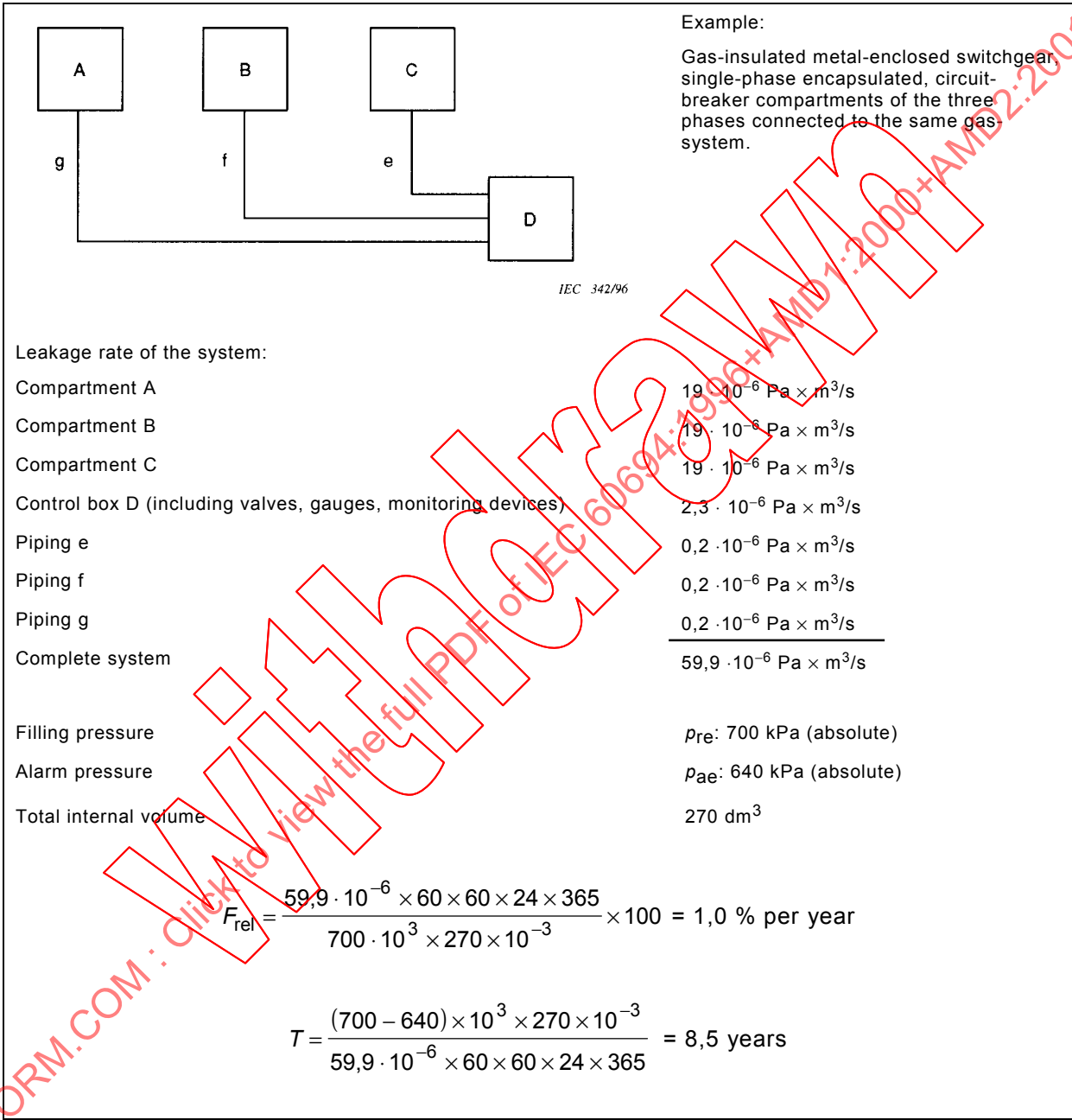


**Figure E.1 – Example of a tightness coordination chart, TC,
for closed pressure systems**

Leak sensitivity $\text{Pa} \times \text{cm}^3/\text{s}$	Time for 1 kg SF_6 to leak	Ultrasonic Pressure loss	Soap solution dyes Flame torch	Thermal conductivity	Ammonia	Halogen detectors	Electron capture detector	Mass spectroscopy
10^4	18 days							
10^3	24 weeks							
10^2	5 years							
10^1	48 years							
10^0	480 years							
10^{-1}	4 800 years							
10^{-2}	48 000 years							
10^{-3}	480 000 years							



Applicable



Limit of applicability

Freon 12 (note 1)
 SF_6 (note 1)
Any gas (note 2) (note 3)
IEC 343/96

NOTE 1 Sniffing in good conditions. By integrated leakage measurement, better sensitivity can be achieved.

NOTE 2 By integrated leakage measurement.

NOTE 3 By sniffing.

Figure E.2 – Sensitivity and applicability of different leak detection methods for tightness tests

Annex F (informative)

Dielectric testing of self-protected switchgear and controlgear

F.1 General

F.1.1 When switchgear and controlgear include surge-arresters mixed with other pieces of equipment having withstand voltage rating without possible separation, some adaptations to the normal testing practices are needed.

Firstly, it is necessary to introduce a "prospective withstand voltage" the test voltage which would have been supplied by the impulse generator without the influence of the test object. It is to be measured before connecting the test object.

Then a failure criterion is to be defined: the "abnormal" discharge which is shown by a sudden step-down on the voltage-time recording, or which has a shape different from the shape of the voltage across the voltage-limiting device tested separately (see figure F.1).

F.1.2 The short-duration power-frequency withstand voltage has also to be considered, specially for switchgear and controlgear having a rated voltage of 245 kV and below.

For this range of equipment, the value of the power-frequency test voltage is high, not because of so high temporary overvoltages, but rather to cover also the withstand of slow-front class overvoltages.

Keeping this test voltage shape and duration at the levels specified in tables 1 and 2 would damage the surge-arresters without representing realistic service conditions. Therefore, power-frequency tests shall be performed at levels covering the actual possible temporary overvoltages and switching impulses shall be added to check the insulation against slow front overvoltages (see IEC 60071-2).

F.1.3 Voltage-limiting devices included in self-protected switchgear and controlgear shall be separately tested according to their relevant standard (IEC 60099).

The purpose of the tests of this annex is to check the coordination between voltage-limiting devices and other components of the switchgear and controlgear.

F.2 Power-frequency tests

Dry power-frequency tests shall be performed for 1 min at r.m.s. test voltages as below. No disruptive discharges shall occur. An earth-fault factor of 1,4 has been used in the following formulae as a general figure. Actual values should be used when these are known.

F.2.1 Phase-to-earth

- switchgear and controlgear to be used on solidly earthed systems shall be tested at $1,4 \times 1,15 U_r / \sqrt{3} = 1,6 U_r / \sqrt{3}$.
- switchgear and controlgear to be used on systems other than solidly earthed shall be tested at $1,15 U_r = 2 U_r / \sqrt{3}$.

F.2.2 Between phases

- switchgear and controlgear without conductive earthed partitions between phases shall be tested at $1,15 U_r = 2 U_r / \sqrt{3}$.

F.2.3 Across the open switching device

- switchgear and controlgear to be used on solidly earthed systems shall be tested at $1,15 (1+1,4) U_r / \sqrt{3} = 2,75 U_r / \sqrt{3}$
- switchgear and controlgear to be used on systems other than solidly earthed shall be tested at $1,15 (1 + \sqrt{3}) U_r / \sqrt{3} = 3,15 U_r / \sqrt{3}$
- across the isolating distance, the test shall be 1,15 times the test voltage across the open switching device.

The test shall be performed with two voltage sources in opposition, one being set near the test voltage value phase-to-earth, and the other at a convenient value to give the total specified value.

As an alternative, a single voltage source may be used if the frame is insulated from earth. In that case, the voltage between the energized terminal and the frame should be fixed near the test voltage value phase-to-earth, as in alternative method of 6.2.5.2 b).

F.3 Switching impulse tests

Switchgear and controlgear of rated voltages 300 kV and above shall be tested with test voltages as in tables 2, as prospective voltages.

Switchgear and controlgear of rated voltage 245 kV and below shall be tested with 15 switching impulses, in each polarity and in each condition. No disruptive discharges shall occur. The prospective peak test voltage shall be 1,55 times the r.m.s. power frequency voltages specified in table 1 between phase and earth, between phases, between open switching devices and across the isolating distance respectively, if any.

The actual voltage across the test object shall be recorded, at least phase-to-earth. The actual voltage shape may be very different from the prospective voltage shape, due to the respective characteristics of the test generator and of the voltage-limiting device (see figure F.1).

F.4 Lightning impulse tests

Switchgear and controlgear shall be tested with test voltages as in tables 1, and 2, as prospective voltages.

F.5 Routine tests

Components to be incorporated into self-protected switchgear and controlgear shall be tested for 1 min with a power-frequency voltage r.m.s. value equal to $1,15 \times 0,7$ of the value of the peak of the actual limited voltage U_l measured during the type test with switching impulses.

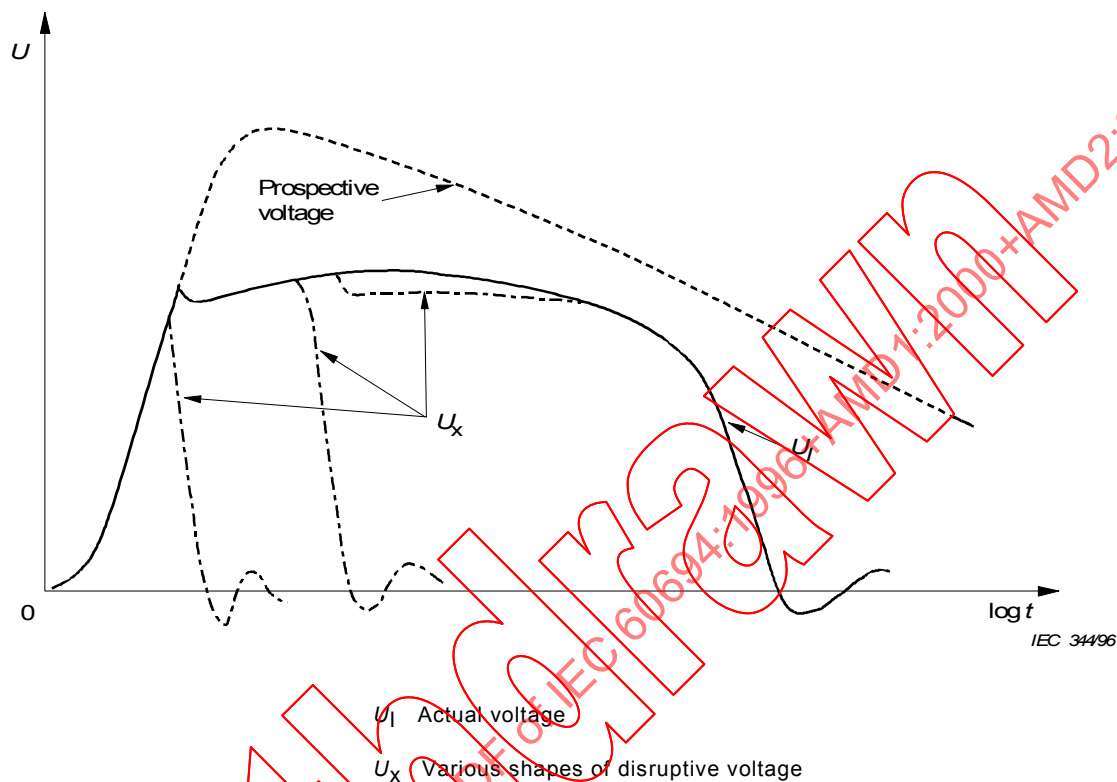


Figure F.1 – Examples of impulse voltage shapes with incorporated voltage-limiting devices

Annex G (informative)

Bibliography

The following International Standards are referred to in this standard for information.

IEC 60068-2-6:1995, *Environmental testing – Part 2: Tests – Test Fc: Vibration (sinusoidal)*

IEC 60099-4:1991, *Surge-arresters – Part 4: Metal-oxide surge arresters without gaps for a.c. systems*

IEC 60129:1984, *Alternating current disconnectors (isolators) and earthing switches*

IEC 60233:1974, *Tests on hollow insulators for use in electrical equipment*

IEC 60273:1990, *Characteristics of indoor and outdoor post insulators for systems with nominal voltages greater than 1 000 V*

IEC 60664-1:1992, *Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 1: Principles, requirements and tests*

IEC 60721-2-2:1988, *Classification of environmental conditions – Part 2: Environmental conditions appearing in nature – Precipitation and wind*

IEC 60721-2-4:1987, *Classification of environmental conditions – Part 2: Environmental conditions appearing in nature – Solar radiation and temperature*

IEC 60721-3-3:1994, *Classification of environmental conditions – Part 3: Classification of groups of environmental parameters and their severities – Section 3: Stationary use at weatherprotected locations*

IEC 60721-3-4:1995, *Classification of environmental conditions – Part 3: Classification of groups of environmental parameters and their severities – Section 4: Stationary use at non-weatherprotected locations*

IEC 60943:1989, *Guide for the specification of permissible temperature and temperature rise for parts of electrical equipment, in particular for terminals*

IEC 61000-4-1:1992, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4: Testing and measurement techniques – Section 1: Overview of immunity tests – Basic EMC publication*

ISO 9001:1994, *Quality systems – Model for quality assurance in design, development, production, installation and servicing*

ISO 9002:1994, *Quality systems – Model for quality assurance in production, installation and servicing*

Annex H (informative)

Electromagnetic compatibility site measurements

EMC site measurements are not type tests, but may be performed in special situations:

- where it is deemed necessary to verify that actual stresses are covered by the EMC severity class of the secondary system, or
- in order to evaluate the electromagnetic environment, in order to apply proper mitigation methods, if necessary,
- to record the electromagnetically induced voltages in a secondary system, due to switching operations both in the main circuit and in the secondary system. It is not considered necessary to test all secondary systems in a substation under consideration. A typical configuration should be chosen.

Measurement of the induced voltages are to be made at representative ports in the interface between the secondary system and the surrounding network, for example, at the input terminals of control cubicles, without disconnection of the system. The extension of the secondary system is described in 5.18. Instrumentation for recording induced voltages should be connected as outlined in IEC 60816.

Switching operations should be carried out at normal operating voltage, both in the main circuit and in the secondary system. Induced voltages will vary statistically, and thus a representative number of both making and breaking operations should be chosen, with random operating instants.

The switching operations in the main circuit are to be made under no-load conditions. The tests will thus include the switching of parts of the substation, but no switching of load currents and no fault currents.

The making operations in the main circuit should be performed with trapped charge on the load side corresponding to normal operating voltage. This condition may be difficult to obtain at testing, and, as an alternative, the test procedure may be as follows:

- discharge the load side before the making operation, to assure that the trapped charge is zero;
- multiply recorded voltage values at the making operation by 2, in order to simulate the case with trapped charge on the load side.

The switching device in the primary system shall preferably be operated at rated pressure and auxiliary voltage.

NOTE 1 The most severe cases, with regard to induced voltages, will normally occur when only a small part of a substation is switched.

NOTE 2 Especially for GIS installations, the most severe electromagnetic disturbances are expected to occur at disconnector switching.

The recorded or calculated peak value of induced common mode voltage, due to switching in the main circuit, should not exceed 1,6 kV for interfaces of normal EMC severity class, and 0,8 kV for interfaces of reduced EMC severity class.

The note of 5.18 gives guidelines for improvement of the electromagnetic compatibility.

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	117
1 Généralités	119
1.1 Domaine d'application	119
1.2 Références normatives	119
2 Conditions normales et spéciales de service	124
2.1 Conditions normales de service	125
2.2 Conditions spéciales de service	126
3 Définitions	127
3.1 Termes généraux	127
3.2 Ensembles d'appareillage	129
3.3 Parties d'ensemble	130
3.4 Appareils de connexion	130
3.5 Parties d'appareillage	130
3.6 Fonctionnement	135
3.7 Grandeurs caractéristiques	138
3.8 Index des définitions	138
4 Caractéristiques assignées	140
4.1 Tension assignée (U_r)	140
4.2 Niveau d'isolement assigné	141
4.3 Fréquence assignée (f_r)	145
4.4 Courant assigné en service continu et échauffement	145
4.5 Courant de courte durée admissible assigné (I_k)	148
4.6 Valeur de crête du courant admissible assigné (I_p)	148
4.7 Durée de court-circuit assignée (t_k)	148
4.8 Tension assignée d'alimentation des dispositifs de fermeture et d'ouverture et des circuits auxiliaires et de commande (U_a)	148
4.9 Fréquence assignée d'alimentation des dispositifs de fermeture et d'ouverture et des circuits auxiliaires	150
4.10 Pression assignée d'alimentation en gaz comprimé pour l'isolement et/ou la manœuvre	150
5 Conception et construction	150
5.1 Prescriptions pour les liquides utilisés dans l'appareillage	150
5.2 Prescriptions pour les gaz utilisés dans l'appareillage	151
5.3 Raccordement à la terre de l'appareillage	151
5.4 Equipements auxiliaires et de commande	151
5.5 Manœuvre à source d'énergie extérieure	162
5.6 Manœuvre à accumulation d'énergie	163
5.7 Manœuvre manuelle indépendante	164
5.8 Fonctionnement des déclencheurs	164
5.9 Dispositifs de verrouillage et de surveillance basse et haute pression	164
5.10 Plaques signalétiques	165
5.11 Verrouillages	166
5.12 Indicateur de position	166
5.13 Degrés de protection procurés par les enveloppes	166
5.14 Lignes de fuite	168

5.15	Etanchéité au gaz et au vide	168
5.16	Etanchéité au liquide	169
5.17	Ininflammabilité	169
5.18	Compatibilité électromagnétique (CEM).....	170
6	Essais de type	170
6.1	Généralités.....	170
6.2	Essais diélectriques	172
6.3	Essais de tension de perturbation radioélectrique.....	179
6.4	Mesurage de la résistance du circuit principal	181
6.5	Essais d'échauffement.....	182
6.6	Essais au courant de courte durée et à la valeur de crête du courant admissible.....	185
6.7	Vérification de la protection	187
6.8	Essais d'étanchéité	188
6.9	Essais de compatibilité électromagnétique (CEM)	190
6.10	Essais additionnels des circuits auxiliaires et de commande.....	194
7	Essais individuels de série	198
7.1	Essais diélectriques du circuit principal	199
7.2	Essais des circuits auxiliaires et de commande.....	199
7.3	Mesurage de la résistance du circuit principal	200
7.4	Essais d'étanchéité	200
7.5	Contrôles visuels et du modèle.....	201
8	Guide pour le choix de l'appareillage selon le service.....	201
9	Renseignements à donner dans les appels d'offres, les soumissions et les commandes	201
10	Règles pour le transport, le stockage, le montage, l'installation, la manœuvre et la maintenance	201
10.1	Conditions à respecter pendant le transport, le stockage et l'installation	202
10.2	Installation.....	202
10.3	Fonctionnement.....	203
10.4	Maintenance.....	203
11	Sécurité.....	206
11.1	Aspects électriques	206
11.2	Aspects mécaniques	206
11.3	Aspects thermiques.....	206
11.4	Aspects opérationnels	206
Annexe A (normative)	Identification des spécimens d'essai	210
Annexe B (normative)	Détermination de la valeur efficace équivalente d'un courant de courte durée admissible pendant un court-circuit de courte durée.....	212
Annexe C (normative)	Méthode pour l'essai de protection contre les intempéries de l'appareillage pour installation à l'extérieur	213
Annexe D (informative)	Information concernant les niveaux d'isolement et leurs essais	216
Annexe E (informative)	Etanchéité (information, exemple et guide).....	219
Annexe F (informative)	Essais diélectriques de l'appareillage autoprotégé.....	221
Annexe G (informative)	Bibliographie.....	224
Annexe H (informative)	Mesurage de la CEM sur site	225

Figure 1 – Facteur de correction d'altitude (voir 2.2.1)	207
Figure 2 – Schéma des connexions d'un appareil de connexion tripolaire (voir 6.2.5.1).....	208
Figure 3 – Schéma d'un circuit d'essais de tension de perturbation radioélectrique des appareils de connexion (voir 6.3).....	209
Figure 4 – Exemples de classes de contacts.....	156
Figure 5 – Exemple de système secondaire dans une armoire de tension moyenne.....	161
Figure 6 – Exemple de système secondaire d'un disjoncteur à isolation à l'air avec mécanisme simple	161
Figure 7 – Exemple de système secondaire d'un disjoncteur à isolation à l'air avec armoire centrale de commande séparée	162
Figure 8 – Exemple de système secondaire dans la travée d'un poste à isolation gazeuse	162
Figure 9 – Exemple de choix de classe de sévérité CEM	170
Figure B.1 – Détermination du courant de courte durée	212
Figure C.1 – Disposition pour l'essai de protection contre les intempéries	214
Figure C.2 – Gicleur pour l'essai de protection contre les intempéries.....	215
Figure E.1 – Exemple de tableau de coordination des étanchéités, TC, pour systèmes à pression de gaz autonomes.....	219
Figure E.2 – Sensibilité et domaine d'application des différentes méthodes d'essai d'étanchéité	220
Figure F.1 – Exemples de forme de tension de choc avec dispositifs limiteurs de tensions incorporés.....	223
Tableau 1a – Niveaux d'isolement assignés pour les tensions assignées de la gamme I, série I	142
Tableau 1b – Niveaux d'isolement assignés pour les tensions assignées de la gamme I, série II (utilisés en Amérique du Nord)	143
Tableau 2a – Niveaux d'isolement assignés pour les tensions assignées de la gamme II	144
Tableau 2b – Niveaux d'isolement supplémentaires utilisés en Amérique du Nord pour les tensions assignées de la gamme II.....	145
Tableau 3 – Limites de température et d'échauffement pour les différents organes, matériaux et diélectriques de l'appareillage à haute tension.....	146
Tableaux 4 et 5 (retirés)	
Tableau 6 – Degrés de protection.....	167
Tableau 7 – Facteurs d'application des lignes de fuite	168
Tableau 8 – Exemple de groupement des essais de type	171
Tableau 9 – Conditions d'essais dans le cas général	175
Tableau 10 – Conditions d'essais de l'isolation longitudinale à la tension à fréquence industrielle.....	175
Tableau 11 – Conditions d'essai de l'isolation longitudinale à la tension de choc	176
Tableau 12 – Taux de fuite temporairement admissibles pour les systèmes à gaz	188
Tableau 13 (retiré)	
Tableau 14 – Tension en courant continu.....	149
Tableau 15 – Tension en courant alternatif	149
Tableau 16 – Classes des contacts auxiliaires	156
Tableau 17 – Application de tension pour l'essai aux transitoires rapides en salves.....	192
Tableau 18 – Application de tension pour l'essai d'immunité aux ondes oscillatoires	193
Tableau 19 – Critères d'évaluation pour les essais d'immunité aux perturbations transitoires ..	194

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**SPÉCIFICATIONS COMMUNES AUX NORMES
DE L'APPAREILLAGE À HAUTE TENSION**

AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Électrotechnique Internationale) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI, entre autres activités, publie des Normes internationales. Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les documents produits se présentent sous la forme de recommandations internationales. Ils sont publiés comme normes, spécifications techniques, rapports techniques ou guides et agréés comme tels par les Comités nationaux.
- 4) Dans le but d'encourager l'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure possible, les Normes internationales de la CEI dans leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre la norme de la CEI et la norme nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.
- 5) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand un matériel est déclaré conforme à l'une de ses normes.
- 6) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Norme internationale peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 60694 a été établie par le sous-comité 17A: Appareillage à haute tension, et par le sous-comité 17C: Appareillage à haute tension sous enveloppe, du comité d'études 17 de la CEI: Appareillage.

La présente version consolidée de la CEI 60694 comprend la deuxième édition (1996) [documents 17A/458/FDIS et 17A/479/RVD, son amendement 1 (2000) [documents 17A/579/FDIS et 17A/588/RVD], le corrigendum de janvier 2001, son amendement 2 (2001) [documents 17A/599/FDIS et 17A/609/RVD] et le corrigendum de décembre 2001.

Le contenu technique de cette version consolidée est donc identique à celui de l'édition de base et à ses amendements; cette version a été préparée par commodité pour l'utilisateur.

Elle porte le numéro d'édition 2.2.

Une ligne verticale dans la marge indique où la publication de base a été modifiée par l'amendement 1, l'amendement 2 et les corrigenda.

Les annexes A, B et C font partie intégrante de cette norme.

Les annexes D à H sont données uniquement à titre d'information.

Les différences suivantes existent dans certains pays:

6.2.11 La tension d'essais exigée pour les sectionneurs et interrupteurs-sectionneurs de toutes tensions assignées, est 100 % des valeurs données par les colonnes 3 des tableaux 1a ou 1b et 2a ou 2b (Canada, France, Italie).

Le comité a décidé que le contenu de la publication de base et de ses amendements ne sera pas modifié avant 2007. A cette date, la publication sera

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60694:1996+AMD1:2000+AMD2:2001 CSV

Withdrawn

SPÉCIFICATIONS COMMUNES AUX NORMES DE L'APPAREILLAGE À HAUTE TENSION

1 Généralités

1.1 Domaine d'application

La présente Norme internationale s'applique à l'appareillage à courant alternatif prévu pour être installé à l'intérieur ou à l'extérieur et pour fonctionner à des fréquences de service inférieures ou égales à 60 Hz, sur des réseaux de tension supérieure à 1 000 V.

Cette norme s'applique à tout l'appareillage à haute tension, sauf spécification contraire dans les normes particulières de la CEI pour le type d'appareillage considéré.

1.2 Références normatives

Les documents normatifs suivants contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente Norme internationale. Au moment de la publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Toute document normatif est sujet à révision et les parties prenantes aux accords fondés sur la présente Norme internationale sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

CEI 60034-1:1996, *Machines électriques tournantes – Partie 1: Caractéristiques assignées et caractéristiques de fonctionnement*

CEI 60038:1983, *Tensions normales de la CEI*

CEI 60050(131):1978, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 131: Circuits électriques et magnétiques*

CEI 60050(151):1978, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 151: Dispositifs électriques et magnétiques*

CEI 60050(191):1990, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 191: Sûreté de fonctionnement et qualité de service*

CEI 60050(301):1983, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 301: Termes généraux concernant les mesures en électricité*

CEI 60050-351:1998, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Partie 351: Commande et régulation automatiques*

CEI 60050(441):1984, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 441: Appareillage et fusibles*

CEI 60050(446):1983, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 446: Relais électriques*

CEI 60050(581):1978, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 581: Composants électromécaniques pour équipements électroniques*

CEI 60050(604):1987, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 604: Production, transport et distribution de l'énergie électrique – Exploitation*

CEI 60050(811):1991, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 811: Traction électrique*

CEI 60050(826):1982, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 826: Installations électriques des bâtiments*

CEI 60051-2:1984, *Appareils mesureurs électriques indicateurs analogiques à action directe et leurs accessoires – Partie 2: Prescriptions particulières pour les ampèremètres et les voltmètres*

CEI 60051-4:1984, *Appareils mesureurs électriques indicateurs analogiques à action directe et leurs accessoires – Partie 4: Prescriptions particulières pour les fréquencemètres*

CEI 60051-5:1985, *Appareils mesureurs électriques indicateurs analogiques à action directe et leurs accessoires – Partie 5: Prescriptions particulières pour les phasemètres, les indicateurs de facteur de puissance et les synchronoscopes*

CEI 60056:1987, *Disjoncteurs à courant alternatif à haute tension*

CEI 60059:1938, *Courants normaux de la CEI*

CEI 60060-1:1989, *Techniques des essais à haute tension – Partie 1: Définitions et prescriptions générales relatives aux essais*

CEI 60064:1993, *Lampes à filament de tungstène pour usage domestique et éclairage général similaire – Prescriptions de performances*

CEI 60068-2 (toutes les parties), *Essais d'environnement – Partie 2: Essais*

CEI 60068-2-1:1990, *Essais d'environnement – Deuxième partie : Essais. Essais A: Froid*

CEI 60068-2-2:1974, *Essais d'environnement – Deuxième partie: Essais. Essais B: Chaleur sèche*

CEI 60068-2-3:1969, *Essais d'environnement – Deuxième partie: Essais. Essai Ca: Essai continu de chaleur humide*

CEI 60068-2-17:1994, *Essais d'environnement – Partie 2: Essais – Essai Q: Etanchéité*

CEI 60068-2-30:1980, *Essais d'environnement – Deuxième partie: Essais. Essai Db et guide: Essai cyclique de chaleur humide (cycle de 12 + 12 heures)*

CEI 60068-2-63:1991, *Essais d'environnement – Partie 2: Essais – Essai Eg: impacts, marteau à ressort*

CEI 60071-1:1993, *Coordination de l'isolement – Partie 1: Définitions, principes et règles*

CEI 60071-2:1996, *Coordination de l'isolement – Partie 2: Guide d'application*

CEI 60073:1996, *Principes fondamentaux et de sécurité pour l'interface homme-machine, le marquage et l'identification – Principes de codage pour les dispositifs indicateurs et les organes de commande*

CEI 60081:1997, *Lampes à fluorescence à deux culots – Prescriptions de performances*

CEI 60083:1997, *Prises de courant pour usages domestiques et analogues, normalisées par les pays membres de la CEI*

CEI 60085:1984, *Evaluation et classification thermiques de l'isolation électrique*

CEI 60115-4:1982, *Résistances fixes utilisées dans les équipements électroniques – Partie 4: Spécification intermédiaire: Résistances fixes de puissance*

CEI 60130 (toutes les parties), *Connecteurs utilisés aux fréquences jusqu'à 3 MHz*

CEI 60227 (toutes les parties), *Conducteurs et câbles isolés au polychlorure de vinyle, de tension nominale au plus égale à 450/750 V*

CEI 60228:1978, *Ames des câbles isolés*

CEI 60245 (toutes les parties), *Conducteurs et câbles isolés au caoutchouc – Tension assignée au plus égale à 450/750 V*

CEI 60255-5:1977, *Relais électriques – Partie 5: Essais d'isolement des relais électriques*

CEI 60255-8:1990, *Relais électriques – Partie 8: Relais électriques thermiques*

CEI 60255-21-1:1988, *Relais électriques – Vingt et unième partie: Essais de vibrations, de chocs, de secousses et de tenue aux séismes applicables aux relais de mesure et aux dispositifs de protection – Section Un: Essais de vibration (sinusoïdales)*

CEI 60255-21-3:1993, *Relais électriques – Partie 21: Essais de vibrations, de chocs, de secousses et de tenue aux séismes applicables aux relais de mesure et aux dispositifs de protection – Section 3: Essais de tenue aux séismes*

CEI 60255-23:1994, *Relais électriques – Partie 23: Caractéristiques fonctionnelles des contacts*

CEI 60269-1:1998, *Fusibles basse tension – Partie 1: Règles générales*

CEI 60269-2:1986, *Fusibles basse tension – Partie 2: Règles supplémentaires pour les fusibles destinés à être utilisés par des personnes habilitées (fusibles pour usages essentiellement industriels)*

CEI 60269-2-1:1998, *Fusibles basse tension – Partie 2-1: Règles supplémentaires pour les fusibles destinés à être utilisés par des personnes habilitées (fusibles pour usage essentiellement industriels) – Sections I à V: Exemples de fusibles normalisés*

CEI 60270:1981, *Mesure des décharges partielles*

CEI 60296:1982, *Spécification des huiles minérales isolantes neuves pour transformateurs et appareillage de connexion*

CEI 60309-1:1999, *Prises de courant pour usages industriels – Partie 1: Règles générales*

CEI 60309-2:1999, *Prises de courant pour usages industriels – Partie 2: Règles d'interchangeabilité dimensionnelle pour les appareils à broches et alvéoles*

CEI 60326 (toutes les parties), *Cartes imprimées*

CEI 60376:1971, *Spécifications et réception de l'hexafluorure de soufre neuf*

CEI 60393-1:1989, *Potentiomètres utilisés dans les équipements électroniques – Partie 1: Spécification générique*

CEI 60417 (toutes les parties), *Symboles graphiques utilisables sur le matériel*

CEI 60445:1999, *Principes fondamentaux et de sécurité pour les interfaces homme-machines, le marquage et l'identification – Identification des bornes de matériels et des extrémités de certains conducteurs désignés et règles générales pour un système alphanumérique*

CEI 60480:1974, *Guide relatif au contrôle de l'hexafluorure de soufre (SF₆) prélevé sur le matériel électrique*

CEI 60485:1974, *Voltsmètres numériques et convertisseurs électroniques analogiques-numériques à courant continu*

CEI 60502-1:1997, *Câbles d'énergie à isolant extrudé et leurs accessoires pour des tensions assignées de 1 kV ($U_m = 1,2$ kV) à 30 kV ($U_m = 36$ kV) – Partie 1: Câbles de tensions assignées de 1 kV ($U_m = 1,2$ kV) et 3 kV ($U_m = 3,6$ kV)*

CEI 60507:1991, *Essais sous pollution artificielle des isolateurs pour haute tension destinés aux réseaux à courant alternatif*

CEI 60512-2:1985, *Composants électromécaniques pour équipements électroniques; procédures d'essai de base et méthodes de mesure – Deuxième partie: Examen général, essais de continuité électrique et de résistance de contact, essais d'isolement et essais de contrainte diélectrique*

CEI 60529:1989, *Degrés de protection procurés par les enveloppes (code IP)*

CEI 60617, *Symboles graphiques pour schémas*

CEI 60669-1:1998, *Interrupteurs pour installations électriques fixes domestiques et analogues – Partie 1: Prescriptions générales*

CEI 60721, *Classification des conditions d'environnement*

CEI 60730-2-9:1992, *Dispositifs de commande électrique automatiques à usage domestique et analogue – Partie 2: Règles particulières pour les dispositifs de commande thermo-sensibles*

CEI 60730-2-13:1995, *Dispositifs de commande électrique automatiques à usage domestique et analogue – Partie 2: Règles particulières pour les dispositifs de commande sensibles à l'humidité*

CEI 60815:1986, *Guide pour le choix des isolateurs sous pollution*

CEI 60816:1984, *Guide sur les méthodes de mesure des transitoires de courte durée sur les lignes de puissance et de contrôle basse tension*

CEI 60947-2:1995, *Appareillage à basse tension – Partie 2: Disjoncteurs*

CEI 60947-3:1999, *Appareillage à basse tension – Partie 3: Interrupteurs, sectionneurs, interrupteurs-sectionneurs et combinés-fusibles*

CEI 60947-4-1:1990, *Appareillage à basse tension – Partie 4: Contacteurs et démarreurs de moteurs – Section un: Contacteurs et démarreurs électromécaniques*

CEI 60947-4-2:1995, *Appareillage à basse tension – Partie 4: Contacteurs et démarreurs de moteurs – Section 2: Gradateurs et démarreurs à semiconducteurs de moteurs à courant alternatif*

CEI 60947-5-1:1997, *Appareillage à basse tension – Partie 5: Appareils et éléments de commutation pour circuits de commande – Section un: Appareils électromécaniques pour circuits de commande*

CEI 60947-7-1:1989, *Appareillage à basse tension – Partie 7: Matériels accessoires – Section un: Blocs de jonction pour conducteurs en cuivre*

CEI 60947-7-2:1995, *Appareillage à basse tension – Partie 7: Matériels accessoires – Section 2: Blocs de jonction conducteurs de protection pour conducteurs en cuivre*

CEI 61000-4-1:1992, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4: Techniques d'essai et de mesure – Section 1: Vue d'ensemble sur les essais d'immunité – Publication fondamentale en CEM*

CEI 61000-4-4:1995, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4: Techniques d'essai et de mesure – Section 4: Essais d'immunité aux transitoires électriques rapides en salves – Publication fondamentale en CEM*

CEI 61000-4-12:1995, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4: Techniques d'essai et de mesure – Section 12: Essai d'immunité aux ondes oscillatoires – Publication fondamentale en CEM*

CEI 61000-4-17:1999, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-17: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité à l'ondulation résiduelle sur l'entrée de puissance à courant continu*

CEI 61000-4-29:—, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-29: Techniques d'essai et de mesure – Essais d'immunité aux creux de tension, coupures brèves et variations de tension sur les ports d'entrée de puissance en courant continu ¹⁾*

CEI 61000-5 (toutes les parties), *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 5: Guides d'installation et d'atténuation*

CEI 61000-5-1:1996, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 5: Guides d'installation et d'atténuation – Section 1: Considérations générales – Publication fondamentale en CEM*

CEI 61000-5-2:1997, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 5: Guides d'installation et d'atténuation – Section 2: Mise à la terre et câblage*

CEI 61000-6-5:—, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 6-5: Normes génériques – Immunité des matériels pour les environnements de centrales électriques et de postes ¹⁾*

¹⁾ A publier.

CEI 61020-4:1991, *Interrupteurs électromécaniques pour équipements électroniques – Partie 4: Spécification intermédiaire pour les interrupteurs à levier*

CEI 61166:1993, *Disjoncteurs à courant alternatif à haute tension – Guide pour la qualification sismique des disjoncteurs à courant alternatif à haute tension*

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

CEI 61634:1995, *Appareillage à haute tension – Utilisation et manipulation du gaz hexafluorure de soufre (SF₆) dans l'appareillage à haute tension*

CEI 61810 (toutes les parties), *Relais électromécaniques de tout-ou-rien à temps non spécifié*

CEI 61810-1:1998, *Relais électromécaniques de tout-ou-rien à temps non spécifié – Partie 1: Prescriptions générales*

IEC 61810-7:1997, *Relais électromécaniques de tout-ou-rien – Partie 7: Méthodes d'essai et de mesure*

CISPR 11:1990, *Limites et méthodes de mesure des caractéristiques de perturbations électromagnétiques des appareils industriels, scientifiques et médicaux (ISM) à fréquence radioélectrique*

CISPR 16-1:1993, *Spécifications des méthodes et des appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques – Partie 1: Appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques*

CISPR 18-2:1986, *Caractéristiques des lignes et des équipements à haute tension relatives aux perturbations radioélectriques – Deuxième partie: Méthodes de mesure et procédure d'établissement des limites*
Amendement 1 (1993)

Pour information, il est fait référence, dans la présente norme, à d'autres Normes internationales. Elles sont énumérées en annexe G.

2 Conditions normales et spéciales de service

Sauf spécification contraire, l'appareillage à haute tension, y compris les dispositifs de commande et équipements auxiliaires qui en font partie intégrante, est prévu pour être utilisé selon ses caractéristiques assignées et dans les conditions normales de service énumérées en 2.1.

Lorsque les conditions réelles de service diffèrent des conditions normales de service, l'appareillage à haute tension ainsi que les dispositifs de commande et les équipements auxiliaires qui y sont associés devront être conçus pour satisfaire à toutes les conditions spéciales de service fixées par l'utilisateur, sinon des dispositions appropriées devront être prises en conséquence (voir 2.2).

NOTE 1 Il convient également de prendre des mesures appropriées pour assurer le fonctionnement correct d'autres matériels tels que les relais dans de telles conditions.

NOTE 2 Des informations détaillées concernant la classification des conditions d'environnement sont données par la CEI 60721-3-3 (pour l'intérieur), et la CEI 60721-3-4 (pour l'extérieur).

2.1 Conditions normales de service

2.1.1 Appareillage pour l'intérieur

- a) La température de l'air ambiant n'excède pas 40 °C et sa valeur moyenne, mesurée sur une période de 24 h, n'excède pas 35 °C.

La température minimale de l'air ambiant est de –5 °C pour la classe «moins 5 intérieur», de –15 °C pour la classe «moins 15 intérieur», et de –25 °C pour la classe «moins 25 intérieur».

- b) L'influence des radiations solaires peut être négligée.
- c) L'altitude n'excède pas 1 000 m.
- d) L'air ambiant ne contient pratiquement pas de poussière, de fumée, de gaz de corrosifs et/ou inflammables, ni de sel.
- e) Les conditions d'humidité sont les suivantes:
- la valeur moyenne de l'humidité relative, mesurée sur une période de 24 h, n'excède pas 95 %;
 - la valeur moyenne de la pression de vapeur, sur une période de 24 h, n'excède pas 2,2 kPa;
 - la valeur moyenne de l'humidité relative sur une période d'un mois, n'excède pas 90 %;
 - la valeur moyenne de la pression de vapeur, sur une période d'un mois, n'excède pas 1,8 kPa.

Dans ces conditions, des condensations peuvent occasionnellement se produire.

NOTE 1 La condensation est à prévoir dans les lieux où de brusques variations de température, en période de grande humidité risquent de se produire.

NOTE 2 Pour supporter les effets d'une humidité élevée et d'une condensation occasionnelle, tels que le claquage de l'isolation ou la corrosion des parties métalliques, il convient d'utiliser un appareillage prévu pour de telles conditions et essayé en conséquence.

NOTE 3 La condensation peut être empêchée par une conception spéciale du bâtiment ou de l'enveloppe, par une ventilation et un chauffage appropriés du poste, ou par l'utilisation de déshumidificateurs.

- f) Les vibrations dues à des causes externes à l'appareillage ou à des tremblements de terre sont négligeables.
- g) Les perturbations électromagnétiques induites aux interfaces du système secondaire et résultant de l'activation du système de haute tension ne dépassent pas 1,6 kV, mode commun, pour la classe de sévérité normale CEM, et 0,8 kV, mode commun, pour la classe de sévérité réduite CEM.

NOTE 4 Les valeurs de tension induite maximum peuvent être excédées aux interfaces des transformateurs de mesure. Se référer aux normes des transformateurs de mesure pour leur niveau de fonctionnement approprié.

2.1.2 Appareillage pour l'extérieur

- a) La température de l'air ambiant n'excède pas 40 °C et sa valeur moyenne, mesurée sur une période de 24 h, n'excède pas 35 °C.

La température minimale de l'air ambiant est de –10 °C pour la classe «moins 10 extérieur» de –25 °C pour la classe «moins 25 extérieur», et de –40 °C pour la classe «moins 40 extérieur».

Il convient de tenir compte de variations rapides de la température.

- b) Il convient de considérer les radiations solaires jusqu'à un niveau de 1 000 W/m² (à midi par temps clair).

NOTE 1 Dans certaines conditions de rayonnement solaire, des mesures appropriées, par exemple mise à l'abri, ventilation forcée, etc., peuvent être rendues nécessaires, ou bien il y a lieu de procéder au déclassement de manière à ne pas dépasser les échauffements spécifiés.

NOTE 2 Des détails sur les radiations solaires en général sont donnés dans la CEI 60721-2-4.

- c) L'altitude n'excède pas 1 000 m.
- d) L'air ambiant peut être pollué par de la poussière, de la fumée, des gaz et vapeurs corrosifs, ou du sel. Le niveau de pollution n'excède pas le niveau de pollution II – Moyen du tableau 1 de la CEI 60815.
- e) La couche de glace n'excède pas 1 mm pour la classe 1, 10 mm pour la classe 10 et 20 mm pour la classe 20.
- f) La vitesse du vent n'excède pas 34 m/s (correspondant à une pression de 700 Pa sur des surfaces cylindriques).

NOTE 3 Les caractéristiques du vent sont décrites dans la CEI 60721-2-2.

- g) Il convient de tenir compte de la présence de condensation ou de précipitations.

NOTE 4 Les caractéristiques de précipitation sont décrites dans la CEI 60721-2-2.

- h) Les vibrations dues à des causes externes à l'appareillage ou à des tremblements de terre sont négligeables.

- i) Les perturbations électromagnétiques induites aux interfaces du système secondaire et résultant de l'activation du système de haute tension ne dépassent pas 1,6 kV, mode commun, pour la classe de sévérité normale CEM, et 0,8 kV, mode commun, pour la classe de sévérité réduite CEM.

NOTE 5 Les valeurs de tension induite maximum peuvent être excédées aux interfaces des transformateurs de mesure. Se référer aux normes des transformateurs de mesure pour leur niveau de fonctionnement approprié.

2.2 Conditions spéciales de service

Lorsque l'appareillage à haute tension peut être utilisé dans des conditions différentes des conditions normales de service décrites en 2.1, il convient que les exigences de l'utilisateur se réfèrent aux niveaux normalisés ci-dessous:

2.2.1 Altitude

Pour une installation à une altitude supérieure à 1 000 m, le niveau d'isolement de l'isolation externe dans les conditions atmosphériques de référence normalisées doit être déterminé en multipliant les tensions de tenue exigées au lieu d'utilisation par un facteur K_a selon la figure 1.

NOTE 1 Pour l'isolation interne, les caractéristiques diélectriques sont identiques, quelle que soit l'altitude, et il n'y a pas à prendre de précautions spéciales. Pour l'isolation externe et interne, voir CEI 60071-2.

NOTE 2 Pour le matériel auxiliaire et de commande à basse tension, aucune précaution spéciale n'est à prendre si l'altitude est inférieure à 2 000 m. Pour une altitude supérieure, voir CEI 60664-1.

2.2.2 Pollution

En cas d'installation en air ambiant pollué, il convient de spécifier un niveau de pollution III – Fort, ou IV – Très fort, de la CEI 60815.

2.2.3 Température et humidité

Pour une installation là où la température ambiante est nettement hors de la gamme des conditions normales de service décrites en 2.1, il convient que les gammes spécifiées de températures minimales et maximales soient:

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

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

Dans certaines régions où les vents chauds et humides sont fréquents, de brusques variations de température peuvent se produire engendrant de la condensation même à l'intérieur.

Dans les installations d'intérieur sous les climats tropicaux, la valeur moyenne de l'humidité relative, mesurée sur une période de 24 h, peut être 98 %.

2.2.4 Vibrations

Lorsque des tremblements de terre sont susceptibles de se produire sur le lieu d'installation, il convient que l'utilisateur spécifie un niveau de sévérité selon la CEI 61166.

2.2.5 Autres paramètres

Lorsque des conditions spéciales d'environnement prévalent au lieu où l'appareillage doit être mis en service, il convient que l'utilisateur les spécifie par référence à la CEI 60721.

3 Définitions

Pour les besoins de la présente Norme internationale, les définitions données dans la CEI 60050(151); la CEI 60050(191); la CEI 60050(441); la CEI 60050(604) et la CEI 60050(826) s'appliquent.

Quelques-unes d'entre elles sont rappelées ci-dessous pour une utilisation plus facile.

Les autres définitions ci-dessous s'appliquent également. Elles sont classées selon la CEI 60050(441). Les définitions de la CEI 60050(441) ne sont pas répétées, mais leurs numéros de référence sont donnés. Les références venant d'ailleurs sont classées selon l'ordre du Vocabulaire Electrotechnique International (CEI 60050(441)).

3.1 Termes généraux

3.1.1

appareillage

[VEI 441-11-01]

3.1.2

isolation externe

distances dans l'air atmosphérique et sur les surfaces des isolations solides d'un matériel en contact avec l'atmosphère, qui sont soumises aux contraintes diélectriques et à l'influence des conditions atmosphériques ou d'autres agents externes tels que la pollution, l'humidité, les animaux, etc.

[VEI 604-03-02]

3.1.3

code IP

système de codification pour indiquer les degrés de protection procurés par une enveloppe contre l'accès aux parties dangereuses, la pénétration de corps solides étrangers, la pénétration de l'eau, et pour donner une information additionnelle liée à une telle protection [3.4 de la CEI 60529]

3.1.4

protection procurée par une enveloppe contre l'accès aux parties dangereuses

protection des personnes contre:

- le contact avec des parties mécaniques dangereuses;
- le contact avec des parties actives basse tension dangereuses;
- l'approche de parties actives à haute tension dangereuses, en deçà de la distance suffisante à l'intérieur de l'enveloppe [3.6 de la CEI 60529]

3.1.5

maintenance

combinaison de toutes les actions techniques et administratives, y compris les opérations de surveillance, destinées à maintenir ou à remettre une entité dans un état lui permettant d'accomplir une fonction requise

[VEI 191-07-01]

3.1.6

maintenance systématique

entretien effectué conformément à un échéancier selon le temps ou le nombre de cycles de fonctionnement

[VEI 191-07-10]

3.1.7

inspection

examen visuel périodique des caractéristiques principales de l'appareillage en service sans démontage d'aucune sorte. Cet examen porte généralement sur les pressions et/ou les niveaux des fluides, les étanchéités, la position des relais, la pollution des parties isolantes, mais comprend également des opérations telles que lubrification, nettoyage, lavage, etc. qui peuvent être effectués sur l'appareillage en service

NOTE Les observations faites au cours d'une inspection peuvent motiver le déclenchement de l'entretien.

3.1.8

essais de diagnostic

essais comparatifs des paramètres caractéristiques d'un appareillage pour vérifier qu'il remplit sa fonction, que l'on effectue en mesurant un ou plusieurs de ces paramètres

NOTE Le résultat d'un essai de diagnostic peut motiver le déclenchement de l'entretien.

3.1.9

examen

inspection avec en plus un démontage partiel, comme spécifié, complétée par des moyens tels que mesures et essais non destructifs afin d'établir une évaluation fiable de l'état de l'appareillage

3.1.10

entretien

travail effectué dans le but de réparer ou de remplacer les parties trouvées hors tolérance par inspection, essai ou examen, ou d'après les prescriptions du manuel de maintenance du constructeur, afin de remettre en état de fonctionnement acceptable le composant et/ou l'appareillage

3.1.11

temps d'indisponibilité

intervalle de temps pendant lequel une entité est en état d'indisponibilité

[VEI 191-09-08]

3.1.12

défaillance

cessation de l'aptitude d'une entité à accomplir une fonction requise

[VEI 191-04-01]

NOTE 1 Après sa défaillance, une entité est en état de panne.

NOTE 2 Une «défaillance» est un passage d'un état à un autre, par opposition à une «panne», qui est un état.

NOTE 3 La notion de défaillance, telle qu'elle est définie, ne s'applique pas à une entité constituée seulement de logiciel.

3.1.13

défaillance majeure (d'un appareillage)

défaillance d'un appareil qui entraîne la disparition d'une ou plusieurs de ses fonctions fondamentales

Une défaillance majeure provoquera une modification immédiate des conditions d'exploitation du réseau, l'équipement de protection situé en amont étant appelé, par exemple, à éliminer la panne, ou bien nécessitera une mise hors service impérative en moins de 30 min pour une opération de maintenance non planifiée

3.1.14**défaillance mineure (d'un appareillage)**

toute défaillance d'un élément constitutif ou d'un sous-ensemble qui n'entraîne pas de défaillance majeure de l'appareillage

3.1.15**défaut**

imperfection dans l'état d'un dispositif (ou faiblesse inhérente) qui peut donner lieu à une ou plusieurs défaillances de ce dispositif ou d'un autre dispositif dans les conditions spécifiées de service, d'environnement ou de maintenance, pendant un temps donné

3.1.16**température de l'air ambiant**

[VEI 441-11-13]

3.1.17**plancher de service**

niveau du sol ou d'un plancher fixe permanent d'où une personne habilitée peut manœuvrer un appareil

3.1.18**type non exposé**

type de composant dont aucune partie active n'est susceptible d'être touchée directement

3.1.19**contrôle**

surveillance d'un système ou d'une partie d'un système en vue de s'assurer de son bon fonctionnement en décelant les cas de fonctionnement incorrect; cela s'opère en mesurant une ou plusieurs grandeurs du système et en comparant les résultats de ces mesures à des valeurs prescrites

[VEI 351-18-24, modifié]

NOTE Plusieurs définitions de ce terme existent dans le VEI en fonction des différents cas d'application. La référence indiquée ci-dessus est celle à utiliser dans le présent cas.

3.1.20**supervision**

ensemble des opérations manuelles ou automatiques destinées à observer l'état d'une entité

[VEI 191-07-26]

NOTE Plusieurs définitions de ce terme existent dans le VEI en fonction des différents cas d'application. La référence indiquée ci-dessus est celle à utiliser dans le présent cas.

3.2 Ensembles d'appareillage**3.2.1****appareillage autoprotégé**

appareillage comprenant des dispositifs limiteurs de tension intégrés

3.2.2**spécimen d'essai**

un spécimen d'essai est un appareillage complet lorsque les pôles sont liés mécaniquement (c'est-à-dire un seul mécanisme de commande) ou lorsque les essais de type sont principalement des essais tripolaires. Si ce n'est pas le cas, un spécimen d'essai est un pôle de l'appareillage complet. Lorsque cela est permis dans la norme CEI applicable, un spécimen d'essai peut être un sous-ensemble représentatif

3.3 Parties d'ensemble

3.3.1

unité de transport

partie d'un appareillage pouvant être transportée sans être démontée.

3.4 Appareils de connexion

Pas de définition particulière.

3.5 Parties d'appareillage

3.5.1

enveloppe

élément assurant la protection des matériels contre certaines influences externes et dans toutes les directions, la protection contre les contacts directs

[VEI 826-03-12]

NOTES Dans le cas de la présente norme, cette définition tirée du VEI existant nécessite les explications suivantes:

- 1 Les enveloppes assurent la protection des personnes et des animaux contre l'accès aux parties dangereuses.
- 2 Les barrières, formes d'ouverture ou tous autres moyens – qu'ils soient solidaires de l'enveloppe ou formés par le matériel interne – appropriés pour empêcher ou limiter la pénétration des calibres d'essai spécifiés, sont considérés comme une partie de l'enveloppe, sauf s'il est possible de les enlever sans l'aide d'une clef ou d'un outil. [3.1 de la CEI 60529]

3.5.2

partie dangereuse

partie qu'il est dangereux d'approcher ou de toucher [3.5 de la CEI 60529]

3.5.3

contacts

[VEI 441-15-05]

3.5.4

circuit auxiliaire

[VEI 441-15-04]

3.5.5

circuit de commande

[VEI 441-15-03]

3.5.6

interrupteur auxiliaire

[VEI 441-15-11]

3.5.7

auxiliaire de commande

[VEI 441-14-46]

3.5.8

contact auxiliaire

[VEI 441-15-10]

3.5.9

contact de commande

[VEI 441-15-09]

3.5.10**raccord (par boulons ou dispositifs équivalents)**

ensemble de pièces conductrices destinées à assurer la continuité permanente d'un circuit lorsqu'elles sont assemblées au moyen de vis, de boulons ou de dispositifs équivalents

3.5.11**indicateur de position**

[VEI 441-15-25]

3.5.12**dispositif de surveillance**

dispositif prévu pour observer automatiquement l'état d'un appareil

[adapté de VEI 191-07-26]

3.5.13**auxiliaire automatique de commande**

[VEI 441-14-48]

3.5.14**contact pour basse énergie**

contact conçu pour être utilisé dans des circuits à très faible énergie, tels que ceux de surveillance ou d'informatique

NOTE Les contacts insérés dans des circuits par lesquels passe un courant de quelques milliampères sous une tension ne dépassant pas 10 V à leurs bornes, sont une application typique.

3.5.15**entrée des câbles**

partie comportant des ouvertures permettant le passage de câbles à l'intérieur de l'enveloppe

3.5.16**plaque de fermeture**

partie d'une enveloppe utilisée pour fermer une ouverture et conçue pour être fixée par vis ou moyens semblables. Elle n'est pas normalement enlevée après la mise en service de l'équipement

3.5.17**cloison**

partie d'un ensemble séparant un compartiment des autres compartiments

[VEI 441-13-06]

3.5.18**organe de commande**

partie du mécanisme transmetteur à laquelle un effort extérieur de manœuvre est appliqué

NOTE L'organe de commande peut prendre la forme d'une poignée, d'un bouton, d'un bouton-poussoir, d'une roulette, d'un plongeur, etc.

[VEI 441-15-22]

3.5.19**dispositif indicateur (d'un instrument de mesure)**

ensemble des organes d'un appareil mesureur destinés à indiquer la valeur de la grandeur mesurée

NOTE Par extension: dispositif d'affichage du réglage d'un instrument de mesure tel que mesure matérialisée ou générateur.

[VEI 301-07-01]

3.5.20**jonction de fil**

dispositif de connexion avec fût destiné à recevoir des conducteurs électriques avec ou sans pièce additionnelle pour recevoir et maintenir l'enveloppe isolante

[VEI 581-05-11]

3.5.21**borne**

point d'un circuit électrique destiné à établir une connexion

[VEI 131-01-02]

3.5.22**bloc de sorties**

assemblage de sorties dans un habitacle ou corps de matière isolante pour faciliter l'interconnexion entre conducteurs multiples

[VEI 581-06-36]

3.5.23**conducteur neutre (symbole N)**

conducteur relié au point neutre d'un réseau et pouvant contribuer au transport de l'énergie électrique

[VEI 826-01-03]

3.5.24**conducteur de protection (symbole PE)**

conducteur prescrit dans certaines mesures de protection contre les chocs électriques et destiné à relier électriquement certaines des parties suivantes:

- masses;
- éléments conducteurs;
- borne principale de terre;
- prise de terre;
- point de l'alimentation relié à la terre ou au point neutre artificiel

[VEI 826-04-05]

3.5.25**conducteur PEN**

conducteur mis à la terre assurant à la fois les fonctions de conducteur de protection et de conducteur neutre

NOTE La désignation PEN résulte de la combinaison des deux symboles PE pour le conducteur de protection et N pour le conducteur neutre.

[VEI 826-04-06]

3.5.26**relais de tout-ou-rien**

relais électrique destiné à être alimenté par une grandeur dont la valeur est soit comprise à l'intérieur de son domaine de fonctionnement soit pratiquement nulle

[VEI 446-11-02]

3.5.27**relais électrique thermique**

relais de mesure à temps dépendant destiné à protéger un équipement contre les dommages thermiques d'origine électrique par la mesure du courant circulant dans l'équipement protégé et par une courbe caractéristique simulant son comportement

[VEI 446-15-16]

3.5.28**contacteur (mécanique)**

appareil mécanique de connexion ayant une seule position de repos, commandé autrement qu'à la main, capable d'établir, de supporter et d'interrompre des courants dans les conditions normales du circuit, y compris les conditions de surcharge

NOTE Les contacteurs peuvent être désignés suivant la façon dont est fourni l'effort nécessaire à la fermeture des contacts principaux.

[VEI 441-14-33]

3.5.29**démarrreur**

combinaison de tous les moyens de mise sous et hors tension nécessaires pour provoquer le démarrage et l'arrêt d'un moteur tout en assurant une protection appropriée contre les surcharges

NOTE Les démarreurs peuvent être désignés suivant la façon dont est fourni l'effort nécessaire à la fermeture des contacts principaux.

[VEI 441-14-38]

3.5.30**déclencheur shunt**

déclencheur alimenté par une source de tension

NOTE La source de tension peut être indépendante de la tension du circuit principal.

[VEI 441-16-41]

3.5.31**interrupteur**

composant ayant un organe de commande et des contacts permettant d'établir ou d'interrompre un circuit

[VEI 581-10-01]

3.5.32**circuit de distribution (de bâtiments)**

circuit alimentant un tableau de distribution

[VEI 826-05-02]

3.5.33**circuit terminal (de bâtiments)**

circuit relie directement aux appareils d'utilisation ou aux socles de prises de courant

[VEI 826-05-03]

3.5.34**interrupteur à levier**

interrupteur équipé d'un levier dont le mouvement entraîne directement ou indirectement la connexion ou la déconnexion des sorties de l'interrupteur. Toute action indirecte par un mécanisme de manœuvre est telle que la vitesse de connexion ou de déconnexion est indépendante de la vitesse du mouvement du levier

[VEI 581-10-11]

3.5.35**sectionneur**

appareil mécanique de connexion qui assure, en position d'ouverture, une distance de sectionnement satisfaisant à des conditions spécifiées

NOTE Un sectionneur est capable d'ouvrir et de fermer un circuit lorsqu'un courant d'intensité négligeable est interrompu ou établi, ou bien lorsqu'il ne se produit aucun changement notable aux bornes de chacun des pôles du sectionneur. Il est aussi capable de supporter des courants dans les conditions normales du circuit et de supporter des courants pendant une durée spécifiée dans des conditions anormales telles que celles du court-circuit.

[VEI 441-14-05]

3.5.36

compteur

dispositif indiquant le nombre de cycles de manœuvres accompli par un appareil mécanique de connexion

3.5.37

voyant lumineux

lampe jouant le rôle de voyant
[VEI 811-31-06]

3.5.38

prise de courant

ensemble destiné à relier électriquement à volonté un câble souple à une canalisation fixe

NOTE L'application de l'ensemble est indiquée sur la figure 1 de la CEI 60309-1.

3.5.39

prolongateur

ensemble destiné à relier électriquement à volonté deux câbles souples

NOTE L'application de l'ensemble est indiquée sur la figure 1 de la CEI 60309-1.

3.5.40

connecteur

ensemble destiné à relier électriquement à volonté un câble souple au matériel

NOTE L'application de l'ensemble est indiquée sur la figure 1 de la CEI 60309-1.

3.5.41

connecteur

composant placé à l'extrémité de conducteurs afin de permettre de réaliser leur connexion ou déconnexion avec un autre composant approprié
[VEI 581-06-01]

3.5.42

bobine

ensemble de spires, généralement coaxiales, connectées en série
[VEI 151-01-21]

3.5.43

composant de coupure statique

équipement dont l'action de coupure est assurée par des composants électroniques, magnétiques, optiques ou autres, sans mouvement mécanique

3.5.44

système secondaire

système constitué par

- les circuits de commande et auxiliaires montés sur l'appareillage, ou adjacents à l'appareillage, et comprenant les circuits des armoires centrales de commande;
- les équipements de surveillance, diagnostic, etc., faisant partie des circuits auxiliaires de l'appareillage;
- les circuits connectés aux bornes secondaires des transformateurs de mesure et faisant partie de l'appareillage

3.5.45

sous-ensemble (d'un système secondaire)

partie d'un système secondaire en ce qui concerne la fonction ou la position. Un sous-ensemble est normalement placé dans un boîtier séparé et possède sa propre interface

3.5.46**sous-ensemble interchangeable (d'un système secondaire)**

sous-ensemble destiné à être placé dans différentes positions dans un système secondaire ou à être remplacé par d'autres sous-ensembles similaires. Un sous-ensemble interchangeable possède une interface accessible

3.6 Fonctionnement**3.6.1****manœuvre dépendante à source d'énergie extérieure**

[VEI 441-16-14]

3.6.2**manœuvre à accumulation d'énergie**

[VEI 441-16-15]

3.6.3**fonctionnement à commande positive**

fonctionnement qui, en accord avec les besoins spécifiés, est conçu pour assurer que les contacts auxiliaires d'un équipement de coupure mécanique sont dans des positions respectives correspondant aux positions – ouvert ou fermé – des contacts principaux

[VEI 441-16-12, modifié]

NOTE Le fonctionnement à commande positive d'un équipement est obtenu par l'association d'une partie mobile reliée mécaniquement au contact principal du circuit primaire sans utilisation de ressort et d'un élément de détection. Dans le cas des contacts auxiliaires mécaniques, l'élément de détection peut être le simple contact fixe directement relié au bornier secondaire. Dans le cas où la fonction est réalisée sous forme électronique, l'élément peut être un transducteur statique (optique, magnétique, etc.) associé à un commutateur statique ou associé à un transmetteur électronique ou électro-optique.

3.6.4 Définitions relatives à la pression (ou à la masse volumique)**3.6.4.1****pression p_{re} (ou masse volumique p_{re}) assignée de remplissage pour l'isolement**

pression en Pascals (Pa), pour l'isolement et/ou la coupure, rapportée aux conditions atmosphériques normales de +20 °C et de 101,3 kPa (ou masse volumique), pouvant être exprimée de façon relative ou absolue, à laquelle le compartiment est rempli avant la mise en service, ou maintenu automatiquement

3.6.4.2**pression p_{rm} (ou masse volumique p_{rm}) assignée de remplissage pour la manœuvre**

pression (Pa), rapportée aux conditions atmosphériques normales de +20 °C et de 101,3 kPa (ou masse volumique), pouvant être exprimée de façon relative ou absolue, à laquelle le dispositif de manœuvre est rempli avant la mise en service, ou maintenu automatiquement

3.6.4.3**pression p_{ae} (ou masse volumique p_{ae}) d'alarme pour l'isolement**

pression (Pa), pour l'isolement et/ou la coupure, rapportée aux conditions atmosphériques normales de +20 °C et de 101,3 kPa (ou masse volumique), pouvant être exprimée de façon relative ou absolue, à laquelle un signal de surveillance peut être fourni pour indiquer qu'un complément de remplissage est nécessaire à court terme

3.6.4.4**pression p_{am} (ou masse volumique p_{am}) d'alarme pour la manœuvre**

pression (Pa), rapportée aux conditions atmosphériques normales de +20 °C et de 101,3 kPa (ou masse volumique), pouvant être exprimée de façon relative ou absolue, à laquelle un signal de surveillance peut être fourni pour indiquer qu'un complément de remplissage du dispositif de manœuvre est nécessaire à court terme

3.6.4.5

pression p_{me} (ou masse volumique ρ_{me}) minimale pour l'isolement

pression (Pa), pour l'isolement et/ou la coupure, rapportée aux conditions atmosphériques normales de +20 °C et de 101,3 kPa (ou masse volumique), pouvant être exprimée de façon relative ou absolue, à laquelle et au-dessus de laquelle les caractéristiques assignées de l'appareillage sont conservées, et à laquelle un complément de remplissage devient nécessaire

3.6.4.6

pression p_{mm} (ou masse volumique ρ_{mm}) minimale pour la manœuvre

pression (Pa) rapportée aux conditions atmosphériques normales de +20 °C et de 101,3 kPa (ou masse volumique), pouvant être exprimée de façon relative ou absolue, à laquelle et au-dessus de laquelle les caractéristiques assignées de l'appareillage sont conservées, et à laquelle un complément de remplissage du dispositif de manœuvre devient nécessaire. Cette pression est souvent appelée pression de verrouillage

3.6.5 Définitions relatives à l'étanchéité au gaz et au vide

Ces définitions s'appliquent à tout appareillage utilisant pour l'isolement, la coupure ou le fonctionnement, un gaz autre que l'air à pression atmosphérique ou le vide.

3.6.5.1

compartiment à remplissage de gaz

compartiment d'un appareillage à pression interne de gaz constituant l'un des systèmes suivants:

- a) système à pression entretenue;
- b) système à pression autonome;
- c) système à pression scellé

NOTE Plusieurs compartiments à remplissage de gaz peuvent être connectés en permanence pour former un système de gaz commun (ensemble étanché au gaz).

3.6.5.2

système à pression entretenue de gaz

ensemble qui se remplit automatiquement à partir d'une réserve externe ou interne

NOTE 1 Les disjoncteurs à air comprimé, ou les mécanismes de commande pneumatique sont des exemples de système à pression entretenue.

NOTE 2 Plusieurs compartiments à remplissage de gaz raccordés en permanence peuvent constituer un ensemble.

3.6.5.3

système à pression autonome de gaz

ensemble qui ne reçoit que des apports périodiques de gaz par raccordement manuel à une réserve extérieure

NOTE Les disjoncteurs à simple pression de SF₆ sont des exemples de systèmes à pression autonome.

3.6.5.4

système à pression scellé

ensemble pour lequel aucune manipulation de gaz n'est requise pendant la durée de service escomptée

NOTE 1 Les disjoncteurs à vide et certains disjoncteurs à SF₆ sont des exemples de systèmes à pression scellés.

NOTE 2 Les systèmes à pression scellés sont entièrement montés et contrôlés en usine.

3.6.5.5

taux de fuite absolu, F

quantité de gaz perdu par une unité de temps, exprimé en Pa.m³/s

3.6.5.6**taux de fuite admissible, F_p**

taux de fuite absolu maximal admissible spécifié par le constructeur pour une pièce, un composant, un sous-ensemble ou, par le biais du tableau de coordination des étanchéités TC pour un assemblage de pièces ou de sous-ensembles interconnectés en un seul système à pression

3.6.5.7**taux de fuite relatif, F_{rel}**

taux de fuite absolu rapporté à la quantité totale de gaz du système à la pression (ou masse volumique) assignée de remplissage. Il s'exprime en pourcentage par an ou par jour

3.6.5.8**intervalle entre compléments de remplissage T**

temps écoulé entre deux compléments de remplissage effectués manuellement ou automatiquement lorsque la pression (ou la densité) atteint le seuil d'alarme, pour compenser le taux de fuite F

3.6.5.9**nombre de compléments de remplissage par jour, N**

nombre de compléments de remplissage qui compensent le taux de fuite F . Cette grandeur s'applique aux systèmes à pression entretenue

3.6.5.10**baisse de pression, Δp**

baisse de pression, pendant une durée donnée, provoquée par le taux de fuite F , sans complément de remplissage

3.6.5.11**tableau de coordination des étanchéités, TC**

document de synthèse établi par le constructeur, utilisé pour l'essai des pièces, des composants ou des sous-ensembles, qui démontre la relation entre leurs étanchéités et celle de l'ensemble complet

3.6.5.12**mesurage des fuites par accumulation**

mesurage qui englobe toutes les fuites d'un ensemble pour déterminer son taux de fuite

3.6.5.13**reniflage**

action par laquelle on déplace lentement la sonde d'un fuite-mètre pour localiser une fuite de gaz

3.6.6 Définitions relatives à l'étanchéité aux liquides

Ces définitions s'appliquent à tout appareillage utilisant pour l'isolement, la coupure ou la commande, un liquide avec ou sans pression permanente.

3.6.6.1**système à pression entretenue de liquide**

ensemble à complément de remplissage automatique de liquide

3.6.6.2**système à pression autonome de liquide**

ensemble qui ne reçoit que des apports périodiques de liquide, par raccordement manuel

3.6.6.3**taux de fuite absolu, F_{liq}**

quantité de liquide perdu par unité de temps, exprimée en cm^3/s

3.6.6.4

taux de fuite admissible, $F_{p(liq)}$

taux de fuite maximal admissible spécifié par le constructeur pour un système à pression de liquide

3.6.6.5

nombre de compléments par jour, N_{liq}

nombre de compléments de remplissage par jour pour compenser le taux de fuite F_{liq} . Cette grandeur s'applique aux systèmes à pression entretenue

3.6.6.6

baisse de pression, ΔP_{liq}

baisse de pression pendant une durée donnée provoquée par le taux de fuite F_{liq} sans complément de remplissage

3.7 Grandeurs caractéristiques

3.7.1

distance de sectionnement

[VEI 441-17-35]

3.7.2

degré de protection

niveau de protection procuré par une enveloppe contre l'accès aux parties dangereuses, contre la pénétration de corps solides étrangers et/ou contre la pénétration de l'eau, et vérifié par des méthodes d'essai normalisées [3.3 de la CEI 60529]

3.7.3

valeur assignée

valeur d'une grandeur fixée, généralement par le constructeur, pour un fonctionnement spécifié d'un composant, d'un dispositif ou d'un matériel
[VEI 151-04-03]

3.8 Index des définitions

A

Appareillage	3.1.1
Auxiliaire autoprotégé	3.2.1
Auxiliaire automatique de commande	3.5.13
Auxiliaire de commande	3.5.7

B

Baisse de pression	3.6.5.10 & 3.6.6.6
--------------------------	--------------------

C

Circuit auxiliaire	3.5.4
Circuit de commande	3.5.5
Code IP	3.1.3
Compartiment à remplissage de gaz	3.6.5.1
Contacts	3.5.3
Contact auxiliaire	3.5.8
Contact de commande	3.5.9
Contact pour basse énergie	3.5.14

D

Défaillance.....	3.1.12
Défaillance majeure	3.1.13
Défaillance mineure	3.1.14
Défaut.....	3.1.15
Degré de protection	3.7.2
Définitions relative à la pression	3.6.4
Dispositif de surveillance	3.5.12
Distance de sectionnement	3.7.1

E

Entretien.....	3.1.5
Enveloppe.....	3.5.1
Essais de diagnostic	3.1.8
Examen	3.1.9

I

Indicateur de position.....	3.5.11
Inspection	3.1.7
Interrupteur auxiliaire.....	3.5.6
Intervalle entre compléments de remplissage.....	3.6.5.8
Isolation externe	3.1.2

M

Maintenance	3.1.5
Maintenance systématique.....	3.1.6
Manœuvre effectuée positivement	3.6.3
Manœuvre à accumulation d'énergie.....	3.6.2
Manœuvre dépendante à source d'énergie extérieure.....	3.6.1
Mesurage des fuites par accumulation.....	3.6.5.12

N

Nombre de compléments de remplissage par jour.....	3.6.5.9
Nombre de compléments par jour	3.6.6.5

P

Partie dangereuse	3.5.2
Pression assignée de remplissage pour l'isolement	3.6.4.1
Pression assignée de remplissage pour la manœuvre.....	3.6.4.2
Pression d'alarme pour l'isolement.....	3.6.4.3
Pression d'alarme pour la manœuvre.....	3.6.4.4
Pression minimale de fonctionnement pour l'isolement	3.6.4.5
Pression minimale de fonctionnement pour la manœuvre.....	3.6.4.6
Protection procurée par une enveloppe.....	3.1.4

R

Raccord	3.5.10
Reniflage	3.6.5.13

S

Spécimen d'essai.....	3.2.2
Système à pression autonome de gaz.....	3.6.5.3
Système à pression autonome de liquide.....	3.6.6.2
Système à pression entretenue de gaz.....	3.6.5.2
Système à pression entretenue de liquide.....	3.6.6.1
Système à pression scellé.....	3.6.5.4

T

Tableau de coordination des étanchéités.....	3.6.5.11
Taux de fuite absolu.....	3.6.5.5
Taux de fuite absolu de liquide.....	3.6.6.3
Taux de fuite admissible.....	3.6.5.6
Taux de fuite admissible de liquide.....	3.6.6.4
Taux de fuite relatif.....	3.6.5.7
Température de l'air ambiant.....	3.1.16
Temps d'indisponibilité.....	3.1.11

U – V

Unité de transport.....	3.3.1
Valeur assignée.....	3.7.3

4 Caractéristiques assignées

Il convient de choisir les caractéristiques assignées communes pour l'appareillage, y compris les dispositifs de commande et l'équipement auxiliaire, parmi les caractéristiques suivantes:

- tension assignée (U_r)
- niveau d'isolement assigné
- fréquence assignée (f_r)
- courant assigné en service continu (I_r)
- courant de courte durée admissible assigné (I_k)
- valeur de crête du courant admissible assigné (I_p)
- durée admissible assignée du courant de court-circuit (t_k)
- tension assignée d'alimentation des dispositifs de fermeture et d'ouverture et des circuits auxiliaires (U_a)
- fréquence assignée d'alimentation des dispositifs de fermeture et d'ouverture et des circuits auxiliaires
- pression assignée d'alimentation en gaz comprimé pour l'isolement et/ou la manœuvre.

NOTE D'autres caractéristiques assignées peuvent être nécessaires et seront spécifiées dans les normes particulières de la CEI.

4.1 Tension assignée (U_r)

La tension assignée correspond à la limite supérieure de la tension la plus élevée des réseaux pour lesquels l'appareillage est prévu. Les valeurs normales de la tension assignée sont indiquées ci-dessous.

NOTE Pour des raisons d'ordre rédactionnel qui concernent principalement les tensions transitoires de rétablissement, la subdivision en gammes de tension est différente de celle de la CEI 60038.

4.1.1 Gamme I pour les tensions assignées inférieures ou égales à 245 kV

Série I 3,6 kV – 7,2 kV – 12 kV – 17,5 kV – 24 kV – 36 kV – 52 kV – 72,5 kV – 100 kV – 123 kV – 145 kV – 170 kV – 245 kV.

Série II (basée sur la pratique courante en Amérique du Nord): 4,76 kV – 8,25 kV – 15 kV – 25,8 kV – 38 kV – 48,3 kV – 72,5 kV.

4.1.2 Gamme II pour les tensions assignées supérieures à 245 kV

300 kV – 362 kV – 420 kV – 550 kV – 800 kV.

4.2 Niveau d'isolement assigné

Le niveau d'isolement assigné d'un appareil de connexion doit être choisi parmi les valeurs indiquées dans les tableaux 1 et 2.

Les valeurs de la tension de tenue des tableaux correspondent aux conditions atmosphériques normales de référence (température, pression et humidité) spécifiées dans la CEI 60071-1. Pour des conditions spéciales de service, voir 2.2.

Les valeurs assignées de tension de tenue aux chocs de foudre (U_p), aux chocs de manœuvre (U_s) (lorsque cela est applicable) et aux tensions à fréquence industrielle (U_d), doivent être choisies sans couper de ligne horizontale marquée. Le niveau d'isolement assigné est spécifié par la tension de tenue aux chocs de foudre entre phase et terre.

Pour la plupart des tensions assignées, plusieurs niveaux d'isolement existent permettant l'application de différents critères de performance ou systèmes de surtensions. Il convient de faire le choix en tenant compte du degré d'exposition aux surtensions à front rapide et à front lent, du type de mise à la terre du neutre du réseau et du type de dispositifs limiteurs de surtensions (voir CEI 60071-2).

Les «valeurs communes» utilisées dans les tableaux 1a et 1b s'appliquent entre phase et terre, entre pôles et entre bornes de l'appareil de connexion ouvert, sauf spécification contraire dans la présente norme. Les valeurs de tenues «sur la distance de sectionnement» ne s'appliquent que pour les appareils de connexion dont l'espace entre contacts ouverts est conçu pour satisfaire les exigences de sécurité spécifiées pour les sectionneurs.

Pour de plus amples informations sur les niveaux de l'isolement, voir l'annexe D.

Tableau 1a – Niveaux d'isolement assignés pour les tensions assignées de la gamme I, série I

Tension assignée U_r kV (valeur efficace)	Tension de tenue assignée de courte durée à fréquence industrielle U_d kV (valeur efficace)		Tension de tenue assignée aux chocs de foudre U_p kV (valeur de crête)	
	Valeur commune	Sur la distance de sectionnement	Valeur commune	Sur la distance de sectionnement
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
3,6	10	12	20	23
			40	46
7,2	20	23	40	46
			60	70
12	28	32	60	70
			75	85
17,5	38	45	75	85
			95	110
24	50	60	95	110
			125	145
36	70	80	145	165
			170	195
52	95	110	250	290
72,5	140	160	325	375
100	150	175	380	440
	185	210	450	520
123	185	210	450	520
	230	265	550	630
145	230	265	550	630
	275	315	650	750
170	275	315	650	750
	325	375	750	860
245	360	415	850	950
	395	460	950	1 050
	460	530	1 050	1 200

Tableau 1b – Niveaux d'isolement assignés pour les tensions assignées de la gamme I, série II (utilisés en Amérique du Nord)*

Tension assignée U_r kV (efficace)	Tension de tenue assignée de courte durée à fréquence industrielle U_d kV (valeur efficace)				Tension de tenue assignée au choc de foudre U_p kV (valeur de crête)	
	Valeur commune		Distance de sectionnement		Valeur commune	Distance de sectionnement
	A sec	Sous pluie**	A sec	Sous pluie**		
(1)	(2)	(2 a)	(3)	(3 a)	(4)	(5)
4,76	19	–	21	–	60	70
8,25	26	24	29	27	75	80
	35	30	39	33	95	105
15	35	30	39	33	95	105
	50	45	55	50	110	125
25,8	50	45	55	50	125	140
	70	60	77	66	150	165
38	70	60	77	66	150	165
	95	80	105	88	200	220
48,3	120	100	132	110	250	275
72,5	160	145	176	154	350	385

* Pour les tensions assignées supérieures à 72,5 kV jusqu'à et y compris 245 kV, les valeurs du tableau 1a sont applicables.

** La durée de l'essai de tenue sous pluie est de 10 s pour les matériels d'extérieur. Voir 9.2 de la CEI 60060-1.

Tableau 2a – Niveaux d'isolement assignés pour les tensions assignées de la gamme II

Tension assignée U_r kV (valeur efficace)	Tension de tenue assignée de courte durée à fréquence industrielle U_d kV (valeur efficace)		Tension de tenue assignée aux chocs de manœuvre U_s kV (valeur de crête)			Tension de tenue assignée aux chocs de foudre U_p kV (valeur de crête)	
	Entre phase et terre, et entre phases (note 3)	Entre contacts ouverts et/ou sur la distance de sectionnement (note 3)	Entre phase et terre, et entre contacts ouverts	Entre phases (notes 3 et 4)	Sur la distance de sectionnement (notes 1, 2 et 3)	Entre phase et terre, et entre phases	Entre contacts ouverts et/ou sur la distance de sectionnement (notes 2 et 3)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
300	380	435	750	1 125	700 (+ 245)	950	950 (+ 170)
			850	1 275		1 050	1 050 (+ 170)
362	450	520	850	1 275	800 (+ 295)	1 050	1 050 (+ 205)
			950	1 425		1 175	1 175 (+ 205)
420	520	610	950	1 425	900 (+ 345)	1 300	1 300 (+ 240)
			1 050	1 575		1 425	1 425 (+ 240)
550	620	800	1 050	1 680	900 (+ 450)	1 425	1 425 (+ 315)
			1 175	1 760		1 550	1 550 (+ 315)
800	830	1 150	1 300	2 210	1 100 (+ 650)	1 800	1 800 (+ 455)
			1 425	2 420		2 100	2 100 (+ 455)

NOTE 1 La colonne (6) est aussi applicable à certains disjoncteurs, voir la CEI 60056.

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

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

Voir l'annexe D.

NOTE 3 Les valeurs de la colonne (2) sont applicables:

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

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

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

NOTE 4 Ces valeurs sont dérivées des facteurs donnés au tableau 3 de la CEI 60071-1.

**Tableau 2b – Niveaux d'isolement supplémentaires utilisés en Amérique du Nord
pour les tensions assignées de la gamme II**

Tension assignée U_r kV (valeur efficace)	Tension de tenue assignée de courte durée à fréquence industrielle U_d kV (valeur efficace)		Tension de tenue assignée aux chocs de manœuvre U_s kV (valeur de crête)			Tension de tenue assignée aux chocs de foudre U_p kV (valeur de crête)	
	Entre phase et terre, et entre phases (note 3)	Entre contacts ouverts et/ou sur la distance de sectionnement (note 3)	Entre phase et terre, et entre contacts ouverts	Entre phases (notes 3 et 4)	Sur la distance de sectionnement (notes 1, 2 et 3)	Entre phase et terre, et entre phases	Entre contacts ouverts et/ou sur la distance de sectionnement (notes 2 et 3)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
362	520	610	950	1 425	800 (+ 295)	1 300	1 300 (+ 205)
550	710	890	1 175	2 210	900 (+ 450)	1 800	1 800 (+ 315)
Les notes sont identiques à celles du tableau 2a.							

4.3 Fréquence assignée (f_r)

Les valeurs normales de la fréquence assignées sont 16 2/3 Hz, 25 Hz, 50 Hz et 60 Hz.

4.4 Courant assigné en service continu et échauffement

4.4.1 Courant assigné en service continu (I_r)

Le courant assigné en service continu de l'appareillage est la valeur efficace du courant qu'il doit être capable de supporter indéfiniment dans des conditions prescrites d'emploi et de fonctionnement.

Il convient de choisir les valeurs des courants assignés en service continu dans la série R 10, spécifiées dans la CEI 60059.

NOTE 1 La série R 10 comprend les nombres 1 – 1,25 – 1,6 – 2 – 2,5 – 3,15 – 4 – 5 – 6,3 – 8 et leurs produits par 10ⁿ.

NOTE 2 Les courants assignés pour service temporaire ou intermittent dépendent de l'accord entre constructeur et utilisateur.

4.4.2 Echauffement

L'échauffement de n'importe quelle partie de l'appareillage pour une température de l'air ambiant n'excédant pas 40 °C ne doit pas dépasser les limites d'échauffement spécifiées au tableau 3, dans les conditions spécifiées aux articles concernant les essais.

Tableau 3 – Limites de température et d'échauffement pour les différents organes, matériaux et diélectriques de l'appareillage à haute tension

Nature de l'organe, du matériau et du diélectrique (Voir les points 1, 2 et 3) (Voir note)	Valeurs maximales	
	Température °C	Echauffement à une température de l'air ambiant ne dépassant pas 40 °C K
1 Contacts (voir point 4) Cuivre et alliage de cuivre nu – dans l'air – dans le SF ₆ (hexafluorure de soufre, voir point 5) – dans l'huile Argentés ou nickelés (voir point 6) – dans l'air – dans le SF ₆ (voir point 5) – dans l'huile Étamés (voir point 6) – dans l'air – dans le SF ₆ (voir point 5) – dans l'huile	75 105 80 105 105 90 90 90 90	35 65 40 65 65 50 50 50 50
2 Raccords par boulons ou dispositifs équivalents (voir point 4) Cuivre nu, alliage de cuivre nu et alliage d'aluminium – dans l'air – dans le SF ₆ (voir point 5) – dans l'huile Argentés ou nickelés – dans l'air – dans le SF ₆ (voir point 5) – dans l'huile Étamés – dans l'air – dans le SF ₆ (voir point 5) – dans l'huile	90 115 100 115 115 100 105 105 100	50 75 60 75 75 60 65 65 60
3 Tous contacts ou raccords constitués d'autres métaux nus ou protégés par d'autres revêtements	(voir point 7)	(voir point 7)
4 Bornes pour le raccordement à des conducteurs extérieurs au moyen de vis ou de boulons (voir point 8) – nus – argentés, nickelés ou étamés – protégés par d'autres revêtements	90 105 (voir point 7)	50 65 (voir point 7)
5 Huile pour appareils de connexion dans l'huile (voir points 9 et 10)	90	50
6 Pièces métalliques jouant le rôle de ressorts	(voir point 11)	(voir point 11)
7 Matériaux utilisés comme isolant et pièces métalliques en contact avec des isolants des classes suivantes (voir point 12) – Y – A – E – B – F – Email: à base d'huile synthétique – H – C autre matériau isolant	90 105 120 130 155 100 120 180 (voir point 13)	50 65 80 90 115 60 80 140 (voir point 13)
8 Toute pièce métallique ou en matériau isolant en contact avec l'huile, à l'exception des contacts	100	60
9 Parties accessibles – prévues pour être touchées en service normal – non prévues pour être touchées en service normal	70 80	30 40
NOTE Les points auxquels se réfère ce tableau sont ceux de 4.4.3.		

4.4.3 Points particuliers du tableau 3

Le tableau 3 se réfère aux points suivants qui le complètent:

Point 1 Suivant sa fonction, le même organe peut appartenir à plusieurs des catégories énumérées au tableau 3.
Dans ce cas, les valeurs maximales admissibles de la température et de l'échauffement à prendre en considération sont les plus faibles dans les catégories concernées.

Point 2 Pour les appareils de connexion dans le vide, les valeurs limites de température et d'échauffement ne s'appliquent pas aux organes dans le vide. Les autres organes ne doivent pas dépasser les valeurs de température et d'échauffement indiquées au tableau 3.

Point 3 Toutes les précautions nécessaires doivent être prises pour qu'aucun dommage ne soit causé aux matériaux isolants environnants.

Point 4 Lorsque des pièces adjacentes ont les revêtements différents, ou si l'une d'elles est en matériau nu, les températures et échauffements admissibles doivent être:

a) pour les contacts, les valeurs les plus basses pour les matériaux de surface permises dans la partie 1 du tableau 3;

b) pour les raccords, les valeurs les plus hautes pour les matériaux de surface permises dans la partie 2 du tableau 3.

Point 5 SF₆ signifie le SF₆ pur ou un mélange de SF₆ et de gaz sans oxygène.

NOTE 1 Compte tenu de l'absence d'oxygène, l'harmonisation des limites de températures acceptables pour différentes pièces de contact et de connexions dans l'appareillage au SF₆ semble opportune. Selon la CEI 60943 qui guide pour spécifier les températures acceptables, les limites de température acceptable pour les pièces en cuivre nu et en alliage de cuivre nu peuvent être égales à celles des pièces argentées ou nickelées dans une atmosphère de SF₆.

Dans le cas particulier des pièces étamées, une augmentation des températures admissibles n'est pas possible, même dans une atmosphère de SF₆ sans oxygène à cause de l'effet de «fretting corrosion» (se reporter à la CEI 60943). Les valeurs initiales des pièces étamées ont donc été maintenues.

NOTE 2 Les échauffements pour le cuivre nu et pour le cuivre argenté, dans le SF₆ sont à l'étude.

Point 6 La qualité de revêtement doit être telle qu'une couche continue de protection subsiste dans la zone de contact:

a) après les essais d'établissement et de coupure (s'ils existent);

b) après l'essai au courant de courte durée admissible;

c) après l'essai d'endurance mécanique;

selon les spécifications propres à chaque matériel.

Dans le cas contraire, les contacts doivent être considérés comme «nus».

Point 7 Lorsque d'autres matériaux que ceux indiqués au tableau 3 sont utilisés, leurs propriétés doivent être prises en considération, notamment pour déterminer les valeurs maximales admissibles pour les échauffements.

Point 8 Les valeurs de température et d'échauffement sont valables même si le conducteur relié aux bornes est nu.

Point 9 A la partie supérieure de l'huile.

Point 10 Il convient de prêter une attention particulière aux questions de vaporisation et d'oxydation lorsqu'on utilise une huile de faible point d'éclair.

Point 11 La température ne doit pas atteindre une valeur telle que l'élasticité du matériau soit diminuée.

Point 12 Les classes de matériaux isolants sont celles indiquées dans la CEI 60085.

Point 13 Limité seulement par l'exigence de ne pas endommager les parties environnantes.

4.5 Courant de courte durée admissible assigné (I_k)

Valeur efficace du courant que l'appareillage peut supporter en position de fermeture pendant une courte durée spécifiée, et dans des conditions prescrites d'emploi et de fonctionnement.

Il convient de choisir la valeur normale du courant de courte durée admissible assigné dans la série R 10 spécifiée dans la CEI 60059, et cette valeur doit être égale à la caractéristique de court-circuit assignée spécifiée pour l'appareillage.

NOTE La série R 10 comprend les nombres 1 – 1,25 – 1,6 – 2 – 2,5 – 3,15 – 4 – 5 – 6,3 – 8 et leurs produits par 10^n .

4.6 Valeur de crête du courant admissible assigné (I_p)

Valeur de crête du courant dans la première grande alternance du courant de courte durée admissible que l'appareillage peut supporter en position de fermeture et dans des conditions prescrites d'emploi et de fonctionnement.

La valeur normale de crête du courant admissible assigné doit correspondre à la fréquence assignée. Pour une fréquence assignée inférieure ou égale à 50 Hz, elle est égale à 2,5 fois la valeur du courant de courte durée admissible, et pour une fréquence assignée de 60 Hz, elle est égale à 2,6 fois la valeur du courant de courte durée admissible.

NOTE Des valeurs supérieures à 2,5 ou 2,6 fois la valeur du courant de courte durée admissible assigné peuvent être demandées en fonction des caractéristiques du réseau.

4.7 Durée de court-circuit assignée (t_k)

Intervalle de temps pendant lequel un appareil mécanique de connexion, en position de fermeture, peut supporter un courant égal au courant de courte durée admissible assigné.

La valeur normale de la durée de court-circuit assignée est 1 s.

En cas de nécessité, une valeur différente de 1 s peut être choisie. Les valeurs recommandées sont: 0,5 s, 2 s et 3 s.

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

4.8.1 Généralités

Par «tension d'alimentation des dispositifs de fermeture et d'ouverture et des circuits auxiliaires et de commande», on doit entendre la tension mesurée aux bornes du circuit sur l'appareil lui-même pendant son fonctionnement, y compris, s'il y a lieu, les résistances auxiliaires ou les accessoires fournis ou demandés par le constructeur, et devant être installés en série sur le circuit, mais non compris les conducteurs de liaison à la source d'alimentation en électricité.

Il convient que le système d'alimentation soit de préférence raccordé à la terre (c'est-à-dire non complètement flottant) pour éviter l'accumulation de tensions statiques dangereuses. Il convient que la position du point de raccordement à la terre soit définie selon les règles de l'art.

Il est à noter que le fonctionnement normal de l'équipement doit être assuré si la tension d'alimentation respecte les tolérances définies en 4.8.3.

4.8.2 Tension assignée (U_a)

Il convient de choisir la tension assignée d'alimentation parmi les valeurs normales figurant aux tableaux 14 et 15. Les valeurs repérées par un astérisque sont les valeurs à choisir de préférence pour les équipement auxiliaires électroniques.

Tableau 14 – Tension en courant continu

U_a
V
24
48*
60
110* ou 125
220 ou 250

Tableau 15 – Tension en courant alternatif

Réseaux triphasés à trois ou quatre fils	Réseaux monophasés à trois fils	Réseaux monophasés à deux fils
V	V	V
–	120/240	120
120/208	–	120
(220/380)	–	(220)
230/400*	–	230*
(240/415)	–	(240)
277/480	–	277
347/600	–	347

NOTE 1 Les valeurs inférieures de la première colonne du tableau désignent les tensions entre phase et neutre et les valeurs supérieures désignent les tensions entre phases. La valeur inférieure dans la deuxième colonne désigne la tension entre phase et neutre et la valeur supérieure désigne la tension entre lignes.

NOTE 2 Il convient que la valeur 230/400 V soit, à l'avenir, la seule tension normale de la CEI, et son adoption est recommandée dans les nouveaux réseaux. Il convient que les variations de tension des réseaux existants à 220/380 V et 240/415 V soient ramenées dans la plage 230/400 V $\pm$ 10 %. La réduction de cette plage sera prise en considération lors d'une étape ultérieure de la normalisation.

4.8.3 Tolérances

La tolérance relative de l'alimentation en courant alternatif ou continu en usage normal mesurée aux bornes d'entrée de l'équipement auxiliaire (commande électronique, supervision, contrôle, communication) est de 85 % à 110 %.

Dans le cas de tensions d'alimentation inférieures à la valeur minimale définie pour la source d'alimentation, des précautions doivent être prises pour prévenir tout dommage à l'équipement électronique ainsi que toute manœuvre dangereuse résultant d'un fonctionnement non prévu.

Pour l'opération des déclencheurs shunt d'ouverture, la tolérance relative doit être conforme aux exigences de 5.8.

4.8.4 Tension d'ondulation

Dans le cas d'une alimentation en courant continu, la tension d'ondulation, c'est-à-dire la valeur crête-à-crête de la composante alternative de la tension d'alimentation à la charge assignée, ne doit pas être supérieure de plus de 5 % à la valeur de la composante continue. La tension est mesurée aux bornes d'entrée de l'équipement auxiliaire. La CEI 61000-4-17 s'applique.

4.8.5 Chute de tension et coupure d'alimentation

Il convient d'appliquer la CEI 61000-4-29 aux composants électriques et électroniques.

En ce qui concerne les coupures d'alimentation, le système est considéré comme fonctionnant normalement si

- aucun dysfonctionnement n'est observé;
- aucune fausse alarme ni fausse signalisation n'est observée;
- toutes les actions en cours s'achèvent normalement, même avec un léger retard.

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

Les valeurs normales de la fréquence assignée d'alimentation sont: courant continu, 50 Hz, et 60 Hz.

4.10 Pression assignée d'alimentation en gaz comprimé pour l'isolement et/ou la manœuvre

Les valeurs normales de la pression assignée sont:

0,5 MPa – 1 MPa – 1,6 MPa – 2 MPa – 3 MPa – 4 MPa,

sauf spécification contraire du constructeur.

5 Conception et construction

5.1 Prescriptions pour les liquides utilisés dans l'appareillage

Le constructeur doit spécifier le type, ainsi que la quantité et la qualité requises du liquide devant être utilisé dans un appareillage et fournir à l'utilisateur les instructions nécessaires pour la régénération du liquide et le maintien de la quantité et de la qualité requises (voir 10.4.1, point d)).

5.1.1 Niveau du liquide

Un dispositif doit être prévu pour vérifier le niveau du liquide, de préférence en service, avec indication des limites minimales et maximales admissibles pour un fonctionnement correct.

NOTE Ceci ne s'applique pas aux amortisseurs.

5.1.2 Qualité du liquide

Le liquide destiné à être utilisé dans l'appareillage doit être conforme aux instructions du constructeur.

Pour l'appareillage utilisant de l'huile, l'huile isolante neuve doit être conforme à la CEI 60296.

5.2 Prescriptions pour les gaz utilisés dans l'appareillage

Le constructeur doit spécifier le type ainsi que la quantité, la qualité et la densité requises du gaz devant être utilisé dans un appareillage, et fournir à l'utilisateur les instructions nécessaires pour la régénération du gaz et le maintien de la quantité et de la qualité requises (voir 10.4.1, point a)), sauf dans le cas des systèmes à pression scellés.

Pour l'appareillage utilisant de l'hexafluorure de soufre, l'hexafluorure de soufre neuf doit être conforme à la CEI 60376.

Pour éviter toute condensation, la quantité maximale admissible d'humidité dans un compartiment d'appareillage rempli de gaz, à la masse volumique assignée p_{re} , doit être telle que le point de rosée ne soit pas supérieur à -5 °C pour un mesurage effectué à 20 °C . Les mesures prises à d'autres températures doivent être corrigées de façon adéquate. Pour le mesurage et la détermination du point de rosée, voir la CEI 60376B et la CEI 60480.

Les parties d'appareillage à haute tension contenant du gaz comprimé doivent satisfaire aux prescriptions données dans les normes applicables de la CEI.

NOTE On attire l'attention sur la nécessité de se conformer aux règlements concernant les réservoirs à pression.

5.3 Raccordement à la terre de l'appareillage

Chaque châssis de l'appareillage doit être prévu avec une borne de mise à la terre sûre et une vis ou un boulon de serrage convenable pour un raccordement à un conducteur de terre dans des conditions spécifiées de défaut à la terre. Le diamètre de la vis de serrage doit être au moins égal à 12 mm. Le point de raccordement doit être marqué du symbole «terre de protection» comme indiqué par le symbole n° 5019 de la CEI 60417. Les parties d'enveloppe métallique raccordées au réseau de terre peuvent être considérées comme un conducteur de terre.

5.4 Equipements auxiliaires et de commande

5.4.1 Enveloppes

5.4.1.1 Généralités

Les enveloppes pour les circuits de commande et les circuits auxiliaires basse tension ne doivent être construites qu'avec des matériaux capables de supporter les contraintes mécaniques, électriques et thermiques aussi bien que les effets de l'humidité qui sont susceptibles d'être rencontrés en service normal.

5.4.1.2 Protection contre la corrosion

La protection contre la corrosion doit être assurée par l'utilisation de matériaux convenables ou par l'application de couches de protection convenables sur les surfaces exposées, en tenant compte des conditions prévues d'utilisation en accord avec les conditions de services données à l'article 2.

5.4.1.3 Degrés de protection

Le degré de protection procuré par une enveloppe pour les circuits auxiliaires et de commande basse tension doit être en accord avec les prescriptions de 5.13.

Les ouvertures dans les entrées des câbles, les plaques de fermeture, etc. doivent être conçues de telle sorte que, quand les câbles sont installés convenablement, le degré de protection d'une enveloppe pour les circuits auxiliaires et de commande basse tension tel que défini en 5.13 soit obtenu. Cela implique le choix de dispositifs d'entrée de câbles adaptés à l'utilisation prévue par le constructeur.

Les ouvertures pour la ventilation doivent être munies d'un écran ou disposées de telle sorte que le même degré de protection spécifié pour les enveloppes soit obtenu.

5.4.2 Protection contre les chocs électriques

5.4.2.1 Protection par cloisonnement entre les circuits auxiliaires et de commande et le circuit principal

Les équipements auxiliaires et de commande qui sont installés sur les équipements principaux doivent être protégés de manière efficace contre les décharges disruptives pouvant apparaître dans les circuits principaux.

Les circuits auxiliaires et de commande, à l'exception de courtes connexions aux bornes des transformateurs de mesure, bobines de déclenchement, contacts auxiliaires etc., doivent être séparés du circuit principal par des cloisons métalliques mises à la terre (par exemple des tubes) ou par des cloisons en matériau isolant (par exemple des tubes).

5.4.2.2 Accessibilité à l'équipement auxiliaire et de commande

Les équipements auxiliaires et de commande devant être surveillés lorsque l'appareillage est en service doivent être accessibles sans danger de contact direct avec les pièces à haute tension.

Lorsque la réduction des distances de sécurité au-dessus du plancher de service due à des conditions environnementales anormales (par exemple accumulation de neige, de sable, etc.) doit être considérée, la hauteur minimum des parties vivantes au-dessus de celui-ci doit être augmentée.

5.4.3 Risque de feu

5.4.3.1 Généralités

Comme le risque de feu est présent dans les circuits auxiliaires et de commande, la probabilité d'incendie doit être réduite dans les conditions d'usage normal, et même dans les cas prévisibles d'usage anormal, de mauvais fonctionnement et de défaillance.

Le premier objectif est de prévenir la naissance du feu provoquée par un constituant électrique sous tension. Le second objectif est de limiter les effets du feu, si celui-ci prend naissance à l'intérieur de l'enveloppe.

5.4.3.2 Composants et conception des circuits

En fonctionnement normal, la dissipation thermique des composants est généralement faible. Cependant, un composant peut, s'il est défaillant ou soumis à une surcharge résultant d'un défaut externe, dissiper un surplus de chaleur avec une puissance susceptible de provoquer le feu.

Il convient que le fabricant prenne toutes les précautions, par une conception appropriée des circuits et des protections, pour que les défauts internes ou les conditions de surcharge n'entraînent pas de risque de feu. Il convient que le fabricant conçoive ou choisisse les composants d'une puissance supérieure à ce qui est nécessaire dans les conditions normales et dont les caractéristiques d'auto-inflammation ont été déterminées en tenant compte de la puissance maximale que le circuit peut fournir en cas de défaut. Il convient de porter une attention particulière aux résistances.

Il convient de porter attention à l'assemblage des composants et à la position relative de ceux pouvant dissiper une chaleur anormale en ménageant des distances suffisamment grandes autour d'eux.

5.4.3.3 Limitation des effets du feu

Il convient de prendre des dispositions afin de limiter les effets du feu. Il convient d'utiliser pour la confection des enveloppes, pour leur isolation, leur étanchéité, etc. des matériaux résistant suffisamment aux sources probables d'inflammation et de chaleur situées à l'intérieur de celles-ci. Il convient que le fabricant tienne compte de l'émission de matières fondues enflammées et/ou de particules incandescentes résultant de l'inflammation d'un composant.

5.4.4 Composants installés dans les enveloppes

5.4.4.1 Choix des composants

Les composants installés dans les enveloppes doivent être conformes aux normes correspondantes de la CEI. Lorsqu'il n'existe pas de norme CEI, ou que le composant est qualifié selon une autre norme (publiée par un pays ou un autre organisme), il convient que le fabricant et l'utilisateur s'entendent sur les critères de choix.

Tous les composants utilisés dans les circuits auxiliaires et de commande doivent être conçus ou choisis pour fonctionner correctement dans les conditions réelles de service à l'intérieur des enveloppes des circuits auxiliaires et de commande; ces conditions peuvent différer de celles spécifiées à l'article 2.

Les précautions appropriées (isolation, chauffage, ventilation, etc.) doivent être prises pour s'assurer du maintien de ces conditions de service essentielles au bon fonctionnement, par exemple le chauffage pour assurer la température minimale requise pour un fonctionnement correct des relais, contacteurs, sectionneurs à basse tension, appareils de mesure, compteurs, boutons-poussoirs, etc., selon les spécifications les concernant.

La perte des dispositifs de précautions ne doit pas causer de défaillance des composants, ni de manœuvre intempestive de l'appareillage. L'appareil doit demeurer en état de fonctionnement pendant les 2 h suivant la perte de ces dispositifs. Au-delà de cette période, le non-fonctionnement de l'appareillage dû aux circuits auxiliaires et de commande est acceptable sous réserve d'un retour à un fonctionnement normal lorsque les conditions réelles de service à l'intérieur de l'enveloppe des circuits auxiliaires et de commande sont rétablies.

Lorsque le chauffage est essentiel au bon fonctionnement de l'appareil, une surveillance du circuit de chauffage doit être prévue.

Dans le cas d'un appareillage prévu pour être installé à l'extérieur, des mesures appropriées (ventilation et/ou chauffage intérieur, etc.) doivent être prises pour empêcher une condensation nuisible à l'intérieur des enveloppes des circuits basse tension auxiliaires et de commande.

Les inversions de polarité aux points d'interfaces ne doivent causer aucun dommage aux circuits auxiliaires et de commande.

5.4.4.2 Installation des composants

Les composants doivent être installés conformément aux instructions de leur constructeur.

5.4.4.3 Accessibilité

Il convient de placer les organes de commande d'ouverture et de fermeture et les organes de commande d'arrêt d'urgence entre 0,4 m et 2 m au-dessus du plancher de service. Il convient d'installer les organes de commande secondaires à une hauteur telle qu'ils puissent être facilement manœuvrés, et les dispositifs indicateurs à une hauteur telle qu'ils puissent être facilement lisibles.

Il convient d'installer les enveloppes des circuits basse tension auxiliaires et de commande fixées sur les charpentes ou montées sur le sol à une hauteur au-dessus du plancher de service telle que les prescriptions ci-dessus pour l'accessibilité et les hauteurs de commande et de lecture soient respectées.

Il convient de disposer les composants dans les enveloppes de manière qu'ils soient accessibles pour le montage, le câblage, l'entretien et le remplacement. Lorsqu'un composant peut nécessiter un ajustement durant sa vie utile, il convient d'y avoir un accès facile sans danger de chocs électriques.

5.4.4.4 Identification

L'identification des composants installés dans les enveloppes relève de la responsabilité du constructeur et doit être conforme aux identifications des schémas et dessins de câblage. Si un composant est embrochable, une identification est placée sur le composant et sur la partie fixe sur laquelle vient s'embrocher le composant.

Aux endroits où un mélange de composants ou de tensions pourrait causer de la confusion, il convient d'inscrire une identification plus explicite.

5.4.4.5 Exigences applicables aux composants des circuits auxiliaires et de commande

5.4.4.5.1 Câblage et filerie

Les sections nominales et les caractéristiques des conducteurs et des câbles électriques doivent être conformes aux exigences de la CEI 60228.

L'isolation des câbles doit être conforme aux normes de la CEI applicables (par exemple les conducteurs et les câbles isolés au polychlorure de vinyle doivent être conformes aux exigences de la CEI 60227 ou de la CEI 60502-1, les conducteurs et les câbles isolés au caoutchouc doivent être conformes aux exigences de la CEI 60245, etc.).

Le choix des câbles reliant entre elles les enveloppes des circuits de commande et des circuits auxiliaires relève de la responsabilité du fabricant. Ce choix est guidé par le courant admissible, par la chute de tension et la charge des transformateurs de courant, par les contraintes mécaniques auxquelles le câble est soumis et par le type d'isolation. Le choix des conducteurs dans les enveloppes relève également de la responsabilité du fabricant.

Des dispositifs appropriés doivent être prévus pour la connexion de la filerie externe, par exemple blocs de jonction, prises embrochables, etc.

Les câbles entre deux blocs de sorties ne doivent pas avoir de raccordements intermédiaires avec une jonction de fil ou une soudure. Les connexions doivent se faire sur des bornes fixes.

Les conducteurs isolés doivent être maintenus convenablement et ne doivent pas reposer contre des arêtes vives.

Il convient de tenir compte de la proximité d'éléments chauffants dans la réalisation de la filerie.

L'espace disponible pour le branchement doit permettre l'épanouissement de câbles à âmes multiples et le raccordement correct de leurs conducteurs. Les conducteurs ne doivent pas être soumis à des contraintes qui réduisent leur durée de vie normale.

Les conducteurs raccordés aux appareils et aux instruments de mesure montés sur des panneaux ou des portes doivent être disposés de manière qu'aucun dommage mécanique ne puisse advenir aux conducteurs à la suite du mouvement des panneaux ou des portes.

Il convient de ne pas raccorder plus d'un seul conducteur par borne; on ne peut admettre le raccordement de deux ou plusieurs conducteurs à une seule borne que si celle-ci a été conçue à cet effet.

La méthode et les repères d'identification des conducteurs, par exemple par chiffres, couleurs ou symboles, relèvent de la responsabilité du constructeur. L'identification des conducteurs doit être conforme aux schémas et dessins de câblage, et aux spécifications de l'utilisateur le cas échéant. Ces repères d'identification peuvent être limités aux extrémités des conducteurs. Les repères d'identification définis dans la CEI 60445 peuvent être utilisés, le cas échéant.

5.4.4.5.2 Bornes

Les blocs de jonction destinés à raccorder des fils de cuivre ronds doivent être conformes aux exigences de la CEI 60947-7-1.

Les blocs de jonction de conducteurs de protection destinés à raccorder des fils de cuivre ronds doivent être conformes aux exigences de la CEI 60947-7-2.

Les bornes doivent maintenir en permanence la pression de contact nécessaire, correspondant à la valeur assignée du courant et au courant de court-circuit des circuits.

Le choix des bornes utilisées pour la filerie interne des composants de l'enveloppe doit être fait en relation avec le calibre des conducteurs utilisés.

Si des possibilités de raccordement des conducteurs de neutre, de protection et PEN d'entrée et de sortie sont prévues, elles doivent être placées dans le voisinage des bornes des conducteurs de phase associés.

L'identification des bornes doit être conforme aux exigences de la CEI 60445 et doit être conforme aux indications apparaissant sur les schémas et dessins de câblage, et, le cas échéant, aux spécifications de l'utilisateur.

5.4.4.5.3 Interrupteurs auxiliaires

Les interrupteurs auxiliaires doivent être adaptés au nombre de cycles de manœuvres électriques et mécaniques spécifié pour les appareils de connexion.

Les interrupteurs auxiliaires qui sont manœuvrés en liaison avec les contacts principaux doivent être à commande positive dans les deux sens. Cependant, dans les cas où la vitesse de fonctionnement du mécanisme n'est pas très rapide et par commun accord entre l'utilisateur et le constructeur, un ensemble de deux contacts auxiliaires à commande positive dans un seul sens (un pour chaque direction) peut être utilisé à condition que les contraintes de sûreté soient respectées.

5.4.4.5.4 Contacts auxiliaires et de commande

Les contacts auxiliaires et de commande doivent convenir à l'usage qui leur est destiné en ce qui concerne les conditions d'environnement (voir 5.4.3.1), les pouvoirs de coupure et de fermeture, et le réglage de la manœuvre des contacts auxiliaires et de commande par rapport à celle des appareils principaux.

Les contacts auxiliaires et de commande doivent être adaptés au nombre de cycles de manœuvres électriques et mécaniques spécifié pour l'appareil de connexion.

Lorsqu'un contact auxiliaire est disponible à l'utilisateur, il convient que les documents techniques fournis par le fabricant contiennent l'information concernant la classe de ce contact.

Il convient que les caractéristiques opérationnelles des contacts auxiliaires soient en conformité avec une des classes indiquées dans le tableau 16.

Tableau 16 – Classes des contacts auxiliaires

Courant continu				
Classe	Courant assigné permanent	Courant de courte durée assigné	Pouvoir de coupure	
			$\leq 48 \text{ V}$	$110 \text{ V} \leq U_a \leq 250 \text{ V}$
1	10 A	100 A/30 ms		440 W
2	2 A	100 A/30 ms		22 W
3	200 mA	1 A/30 ms	50 mA	

NOTE 1 Ce tableau se réfère aux contacts auxiliaires [VEI 441-15-10], qui sont des contacts insérés dans un circuit auxiliaire et manœuvrés mécaniquement par l'appareil de connexion. Les contacts de commande [VEI 441-15-09], qui sont des contacts insérés dans un circuit de commande d'un appareil mécanique de connexion, peuvent être visés par ce tableau.

NOTE 2 Une valeur trop faible de courant traversant le contact peut par oxydation provoquer une augmentation de la résistance de contact. Un courant minimal peut s'avérer nécessaire pour les contacts de classe 1.

NOTE 3 Dans le cas de contacts statiques, le courant de courte durée assigné peut être réduit si un dispositif de limitation de courant autre qu'un fusible est utilisé.

NOTE 4 Pour toutes les classes, le pouvoir de coupure est basé sur une constante de temps qui n'est pas inférieure à 20 ms avec une tolérance relative de $^{+20}_0 \%$.

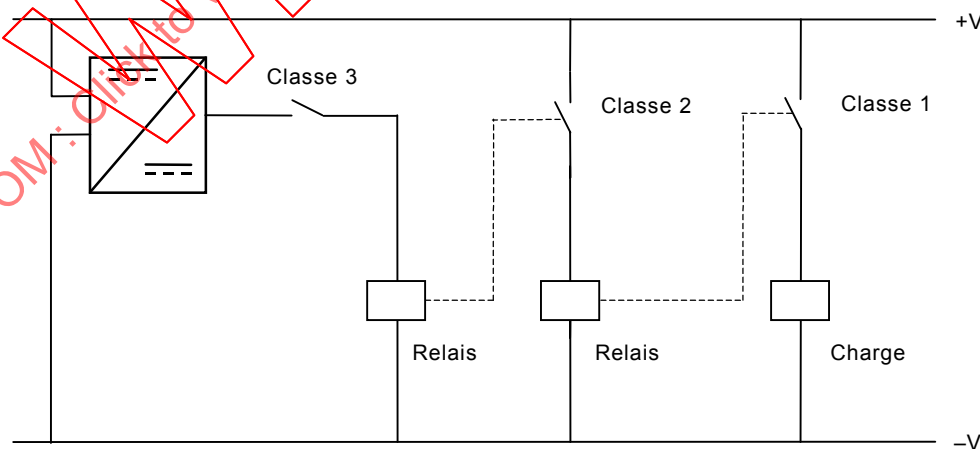
NOTE 5 Un contact auxiliaire conforme aux classes 1, 2 ou 3 en courant continu est normalement capable de supporter un courant et une tension alternatifs correspondants.

NOTE 6 Les contacts de classe 3 ne sont pas prévus pour être soumis au courant de court-circuit applicable aux alimentations des auxiliaires du poste électrique. Les contacts de classe 1 et 2 sont prévus pour être soumis au courant de court-circuit applicable aux alimentations des auxiliaires du poste électrique.

NOTE 7 Le courant coupé à une valeur définie de tension entre 110 V et 250 V peut être déduit de la valeur de la puissance indiquée pour les contacts de classe 1 et de classe 2 (par exemple 2 A à 220 V en courant continu pour un contact de classe 1).

Le nombre de contacts auxiliaires disponibles et la classe de chacun d'eux doivent être spécifiés au fabricant en conformité avec l'article 9 de la norme se rapportant à l'équipement concerné. Pour des applications particulières, des valeurs différentes peuvent être spécifiées au fabricant en conformité avec l'article 9 de la norme se rapportant à l'équipement concerné.

Des exemples des trois classes de contacts sont présentés à la figure 4.



IEC 1691/2000

Figure 4 – Exemples de classes de contacts

5.4.4.5.5 Contacts autres que les contacts auxiliaires et de commande

Un contact autre qu'un contact auxiliaire ou de commande est tout contact d'un composant (relais, contacteur, interrupteur basse tension, etc.) utilisé dans les circuits auxiliaires et de commande.

Lorsqu'un contact autre qu'un contact auxiliaire ou de commande est disponible pour l'utilisateur, il convient que les documents techniques fournis par le fabricant indiquent le courant assigné permanent, le pouvoir de fermeture et le pouvoir de coupure de ce contact.

L'utilisateur est responsable de s'assurer que les caractéristiques du contact correspondent à la tâche.

Le nombre de contacts disponibles doit être spécifié au constructeur en conformité avec l'article 9 de la norme se rapportant à l'équipement concerné.

5.4.4.5.6 Relais

Les relais de tout-ou-rien doivent être conformes aux exigences des parties applicables de la CEI 61810.

La CEI 61810-1 fixe les valeurs nominales recommandées des tensions d'alimentation appliquées aux relais et les valeurs recommandées des limites du domaine d'action de ces tensions. Pour tous les relais choisis avec une grandeur d'alimentation égale à celle de la tension assignée des circuits auxiliaires et de commande, les valeurs recommandées dans la CEI 61810-1 des limites du domaine d'action permettent au relais de respecter les limites requises en 4.8.

Quand un relais est choisi et utilisé à une tension différente de celle de la tension assignée des circuits auxiliaires et de commande, on doit prendre les dispositions appropriées pour lui permettre de fonctionner correctement dans les limites du domaine d'action requises en 4.8 (par exemple, ajout d'une résistance additionnelle).

Les relais électriques thermiques pour la protection des moteurs doivent être conformes aux exigences de la CEI 60255-8.

Les performances des contacts des relais doivent être conformes aux exigences de la CEI 60255-23.

Les exigences pour les contacts des relais disponibles pour l'utilisateur, le cas échéant, sont contenues en 5.4.4.5.5.

5.4.4.5.7 Contacteurs et démarreurs de moteurs

Les contacteurs électromécaniques pour courant alternatif et pour courant continu destinés à fermer et à ouvrir des circuits électriques doivent être conformes aux exigences de la CEI 60947-4-1. S'il est équipé de relais appropriés, le contacteur électromécanique destiné à assurer la protection de ces circuits contre les courts-circuits doit satisfaire en outre aux conditions correspondantes prescrites pour les disjoncteurs BT, comme spécifié dans la CEI 60947-2.

Les démarreurs de moteurs pour courant alternatif destinés à provoquer le démarrage des moteurs et à les amener à leur vitesse normale, à en assurer le fonctionnement continu, à interrompre leur alimentation et à assurer leur protection et celle de leurs circuits associés contre les surcharges de service doivent être conformes aux exigences de la CEI 60947-4-1. Les relais de surcharge pour démarreurs doivent aussi satisfaire aux prescriptions de la CEI 60947-4-1.

Les gradateurs et démarreurs à semiconducteurs de moteurs à courant alternatif doivent être conformes aux exigences de la CEI 60947-4-2.

Les exigences pour les contacts des contacteurs et démarreurs de moteurs disponibles pour l'utilisateur, le cas échéant, sont contenues en 5.4.4.5.5.

5.4.4.5.8 Déclencheurs shunts

Les déclencheurs shunts sont conçus pour des usages spécifiques. Comme il n'existe aucune publication de la CEI pour les déclencheurs shunts, il convient que ces derniers soient conformes aux exigences des normes qui se rapportent à l'équipement concerné.

Le fabricant doit fournir la valeur de la puissance électrique des déclencheurs shunts.

5.4.4.5.9 Interrupteurs basse tension

Les interrupteurs destinés à être insérés dans des circuits de moteurs doivent être conformes aux exigences de la CEI 60947-3.

Les interrupteurs destinés à être insérés dans des circuits de distribution ou dans des circuits terminaux doivent être conformes aux exigences de la CEI 60947-3.

Lorsque des interrupteurs pour installations fixes domestiques sont utilisés dans des circuits terminaux, ils doivent être conformes aux exigences de la CEI 60669-1.

Les auxiliaires manuels de commande, par exemple boutons-poussoirs, commutateurs rotatifs, etc. doivent être conformes aux exigences de la CEI 60947-5-1. Les recommandations relatives aux couleurs pour ces auxiliaires figurent dans la CEI 60073. Les symboles graphiques utilisables sur le matériel sont établis par la CEI 60417. Lorsqu'un utilisateur n'a pas de demandes spécifiques, il est recommandé que la couleur et l'étiquetage de ces auxiliaires manuels de commande soient choisis parmi ceux figurant dans la CEI 60073 et la CEI 60417.

Les exigences pour les contacts des auxiliaires manuels de commande disponibles pour l'utilisateur sont contenues en 5.4.4.5.5.

Les auxiliaires automatiques de commande, par exemple détecteurs de pression à contacts, détecteurs de température à contacts, etc., doivent être conformes aux exigences de la CEI 60947-5-1. Lorsque des thermostats à usage domestique sont utilisés, ils doivent être conformes aux exigences de la CEI 60730-2-9 qui fixe les règles particulières pour les dispositifs de commande électrique automatiques thermosensibles pour usage domestique et usage analogue. Lorsque les dispositifs de commande électrique automatiques sensibles à l'humidité à usage domestique sont utilisés, ils doivent être conformes aux exigences de la CEI 60730-2-13 qui fixe les règles particulières pour les dispositifs de commande électrique automatiques sensibles à l'humidité pour usage domestique et usage analogue. Les exigences pour les contacts des auxiliaires automatiques de commande disponibles pour l'utilisateur sont contenues en 5.4.4.5.5.

Les interrupteurs à levier doivent être conformes aux exigences de la CEI 61020-4. Les exigences pour les contacts des interrupteurs à levier disponibles pour l'utilisateur sont contenues en 5.4.4.5.5.

5.4.4.5.10 Disjoncteurs basse tension

Les disjoncteurs basse tension doivent être conformes aux exigences de la CEI 60947-2.

Les disjoncteurs basse tension comportant une protection par courant différentiel résiduel doivent également être conformes à la CEI 60947-2.

5.4.4.5.11 Fusibles basse tension

Les fusibles basse tension doivent être conformes aux exigences de la CEI 60269-1.

Les règles supplémentaires concernant les fusibles pour usages essentiellement industriels sont couvertes par la CEI 60269-2. La CEI 60269-2-1 traite de trois exemples de systèmes de fusibles qui sont normalisés en ce qui concerne les aspects de sécurité.

5.4.4.5.12 Sectionneurs basse tension

Les sectionneurs basse tension doivent être conformes à la CEI 60947-3.

5.4.4.5.13 Moteurs

Les machines électriques tournantes doivent être conformes aux exigences des paragraphes applicables de la CEI 60034-1.

5.4.4.5.14 Eléments chauffants

Tous les éléments chauffants doivent être du type non exposé. Ils doivent être situés de façon telle qu'aucune détérioration ne soit causée à la filerie ou lors de l'opération des composants.

La température à la surface de tout élément chauffant ou de son blindage où peut survenir un contact accidentel ne doit pas dépasser les limites d'échauffement spécifiées au tableau 3 pour les parties accessibles non prévues pour être touchées en service normal.

5.4.4.5.15 Appareils de mesure

Les appareils mesureurs électriques indicateurs analogiques à action directe et leurs accessoires doivent être conformes aux exigences des parties applicables de la CEI 60051. Les ampèremètres et les voltmètres doivent être conformes aux exigences de la CEI 60051-2. Les fréquencesmètres doivent être conformes aux exigences de la CEI 60051-4. Les phasemètres, les indicateurs de facteur de puissance et les synchronoscopes doivent être conformes aux exigences de la CEI 60051-5.

Les voltmètres numériques et convertisseurs électroniques analogiques-numériques à courant continu doivent être conformes aux exigences de la CEI 60485.

5.4.4.5.16 Compteurs

Les compteurs doivent convenir à l'usage qui leur est destiné en ce qui concerne les conditions d'environnement et le nombre de cycles de manœuvres électriques et mécaniques spécifié pour les appareils de connexion.

5.4.4.5.17 Voyants lumineux

Les voyants lumineux sont considérés comme du matériel de commande associé. Par conséquent, ils doivent être conformes aux prescriptions de la CEI 60947-5-1.

Les recommandations relatives aux couleurs des voyants lumineux figurent dans la CEI 60073. Les symboles graphiques utilisables sur le matériel sont établis par la CEI 60417. Lorsqu'un utilisateur n'a pas de demandes spécifiques, il est recommandé que la couleur et l'étiquetage soient choisis parmi ceux figurant dans ces deux publications.

5.4.4.5.18 Prises de courant

Les prises de courant destinées essentiellement aux usages industriels, à l'intérieur ou à l'extérieur des bâtiments, doivent être conformes aux exigences de la CEI 60309-1 et de la CEI 60309-2.

Lorsqu'un socle de prise de courant pour usage domestique et usage analogue est installé, il doit être conforme aux exigences de la CEI 60083 qui fixe les exigences particulières pour les prises de courant pour usage domestique et usage analogue.

Les prolongateurs destinés essentiellement aux usages industriels, à l'intérieur ou à l'extérieur des bâtiments, doivent être conformes aux exigences de la CEI 60309-1 et de la CEI 60309-2.

Les connecteurs destinés essentiellement aux usages industriels, à l'intérieur ou à l'extérieur des bâtiments, doivent être conformes aux exigences de la CEI 60309-1 et de la CEI 60309-2.

Les autres connecteurs doivent être conformes aux exigences des parties applicables de la CEI 60130.

5.4.4.5.19 Cartes imprimées

Les cartes imprimées utilisées pour brancher ensemble les composants conventionnels (par exemple les relais) sont considérées ici comme des composants conventionnels. Les cartes imprimées doivent être conformes aux exigences des parties applicables de la CEI 60326.

5.4.4.5.20 Résistances

Les résistances fixes de puissance, de dissipation supérieure à 1 W et inférieure à 1 000 W, doivent être conformes aux exigences de la CEI 60115-4.

Les potentiomètres doivent être conformes aux exigences de la CEI 60393-1.

5.4.4.5.21 Eclairage

Dans certaines enveloppes, par exemple celles contenant des organes manuels de commande (poignées, boutons-poussoirs, etc.), il convient d'installer un éclairage. Dans ce cas, il convient de prendre en considération les effets thermiques et les bruits électromagnétiques de l'éclairage sur les composants des circuits auxiliaires et de commande.

Les lampes à filament de tungstène doivent être conformes aux exigences de la CEI 60064.

Les lampes tubulaires à fluorescence doivent être conformes aux exigences de la CEI 60081.

5.4.4.5.22 Bobines

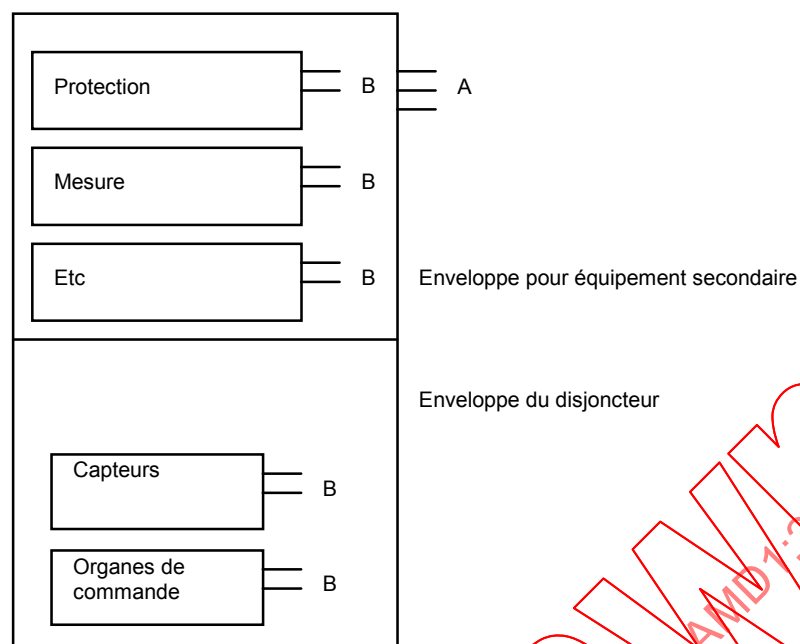
Les bobines qui ne sont pas couvertes par la norme d'un composant doivent respecter les exigences relatives à leur usage prévu (par exemple hausse de température, tenue à la tension diélectrique, etc.).

5.4.5 Systèmes secondaires

Le système secondaire peut souvent être divisé en sous-ensembles principaux, tels que l'armoire centrale de commande d'un disjoncteur ou l'armoire complète de commande d'un disjoncteur dans la travée d'un poste à isolation gazeuse. Voir les exemples des figures 5, 6, 7 et 8.

Des sous-ensembles interchangeable peuvent être placés dans différentes positions dans le système secondaire ou remplacés par d'autres sous-ensembles similaires.

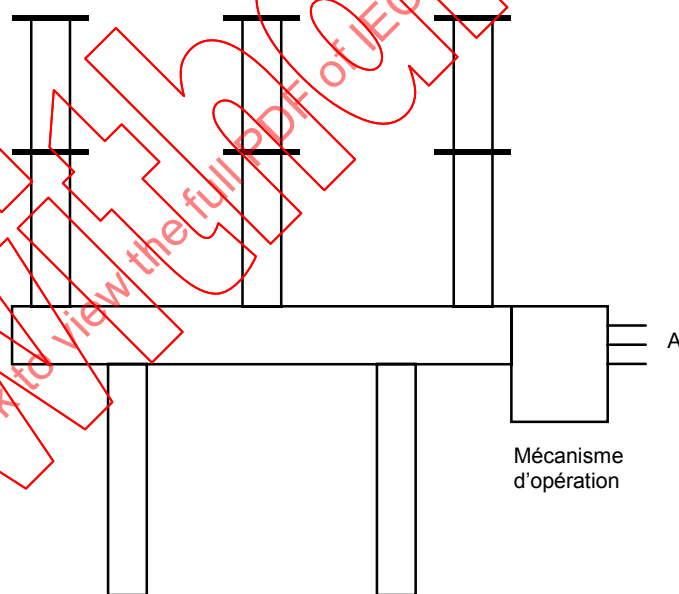
NOTE En pratique, il y a une grande variation dans la complexité de l'équipement à l'intérieur du système secondaire. Dans certains cas, le système est seulement constitué par un groupe de relais tout-ou-rien, du câblage et des borniers. Dans d'autres cas, il comprend un équipement complet pour la protection, le contrôle et la mesure.



IEC 1692/2000

A Interface externe, pour le système secondaire total

B Interface interne, pour le sous-ensemble

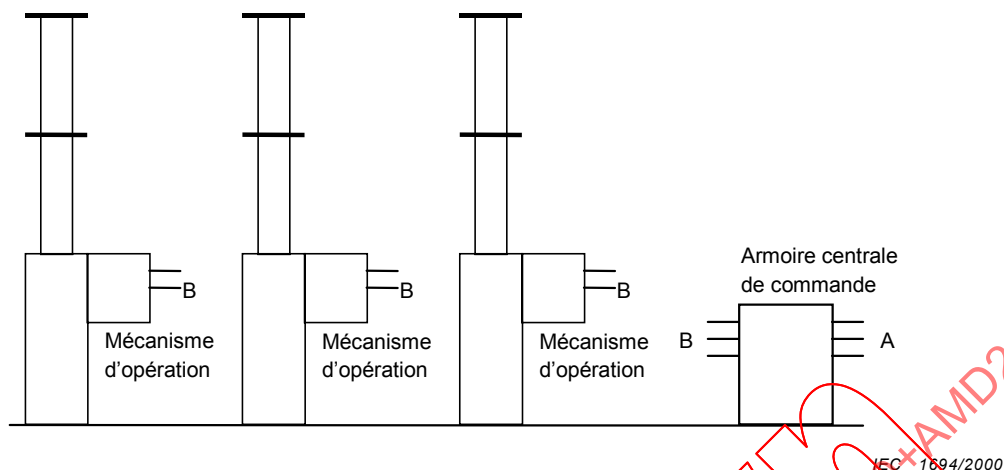
Figure 5 – Exemple de système secondaire dans une armoire de tension moyenne

IEC 1693/2000

A Interface externe, pour le système secondaire total

NOTE L'armoire peut être subdivisée en sous-ensembles, conformément à la figure 5.

Figure 6 – Exemple de système secondaire d'un disjoncteur à isolation à l'air avec mécanisme simple

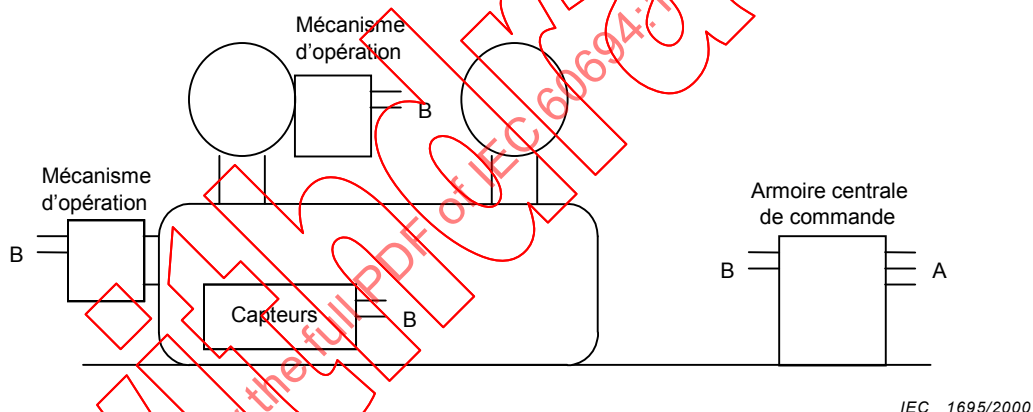


A Interface externe, pour le système secondaire total

B Interface interne, pour le sous-ensemble

NOTE Chaque armoire peut être subdivisée en sous-ensembles, conformément à la figure 5.

Figure 7 – Exemple de système secondaire d'un disjoncteur à isolation à l'air avec armoire centrale de commande séparée



A Interface externe, pour le système secondaire total

B Interface interne, pour le sous-ensemble

NOTE Chaque armoire peut être subdivisée en sous-ensembles, conformément à la figure 5.

Figure 8 – Exemple de système secondaire dans la travée d'un poste à isolation gazeuse

5.5 Manœuvre à source d'énergie extérieure

Un appareil de connexion comportant une manœuvre à source d'énergie extérieure doit être capable d'établir ou d'interrompre son courant de court-circuit assigné (éventuel) lorsque la tension ou la pression d'alimentation du dispositif de manœuvre correspond à la limite inférieure spécifiée en 4.8 et 4.10 (l'expression «dispositif de manœuvre» comprend ici les relais et contacteurs intermédiaires de commande éventuels). Si le constructeur a fixé des durées maximales de fermeture et d'ouverture, celles-ci ne doivent pas être dépassées.

Sauf pour une manœuvre lente pendant la maintenance, le déplacement des contacts principaux ne doit se faire que par l'action du mécanisme de commande et selon la manière indiquée. Les positions «fermé» et «ouvert» des contacts principaux ne doivent pas être modifiées par suite d'une perte d'alimentation en énergie ou de la réapplication de l'alimentation en énergie après une perte de l'énergie au dispositif de fermeture et/ou d'ouverture.

5.6 Manœuvre à accumulation d'énergie

Un appareil de connexion comportant une manœuvre à accumulation d'énergie doit être capable d'établir ou d'interrompre son courant de court-circuit assigné (éventuel) lorsque l'accumulation d'énergie est convenablement réalisée, conformément à 5.6.1 et 5.6.2. Si le constructeur a fixé des durées maximales de fermeture et d'ouverture, celles-ci ne doivent pas être dépassées.

Sauf pour une manœuvre lente pendant la maintenance, le déplacement des contacts principaux ne doit se faire que par l'action du mécanisme de commande et selon la manière indiquée, et pas dans le cas d'une réapplication de l'alimentation en énergie, après une perte d'énergie.

5.6.1 Accumulation d'énergie dans des réservoirs de gaz ou dans des accumulateurs oléopneumatiques

Lorsque l'énergie est accumulée dans un réservoir de gaz ou dans un accumulateur oléopneumatique, les prescriptions de 5.6 s'appliquent aux pressions de fonctionnement comprises entre les limites spécifiées aux points a) et b):

- a) Alimentation pneumatique ou oléopneumatique extérieure à l'appareil de connexion et à son dispositif de commande

Sauf spécification contraire du constructeur, les limites de la pression de fonctionnement du gaz comprimé pour les manœuvres sont comprises entre 85 % et 110 % de la pression assignée.

Ces limites ne sont pas applicables lorsque les réservoirs emmagasinent également des gaz comprimés pour la coupure.

- b) Compresseur ou pompe faisant partie de l'appareil de connexion ou de son dispositif de commande

Les limites de la pression de fonctionnement doivent être fixées par le constructeur.

5.6.2 Accumulation d'énergie à l'aide de ressorts (ou de poids)

Lorsque l'énergie est accumulée à l'aide de ressorts (ou de poids), les prescriptions de 5.6 s'appliquent lorsque le ressort est bandé (ou le poids en position haute). Les contacts mobiles ne doivent pas pouvoir quitter la position d'ouverture avant que l'énergie accumulée ne soit suffisante pour permettre l'achèvement satisfaisant de la manœuvre de fermeture.

5.6.3 Accumulation d'énergie par une manœuvre manuelle

Lorsque l'énergie est accumulée à l'aide de ressorts (ou de poids) au moyen d'une manœuvre manuelle, le sens de manœuvre de la poignée doit être indiqué. L'appareil de connexion doit comporter un dispositif indiquant que l'énergie est accumulée dans le ressort (ou le poids) sauf pour une manœuvre de fermeture manuelle indépendante.

La force maximale nécessaire à la charge manuelle d'un ressort ou d'un poids ne doit pas être supérieure à 250 N.

5.6.4 Accumulation d'énergie par servomoteur

Les moteurs et leur équipement électrique auxiliaire, destinés à bander un ressort (ou à lever un poids) ou à entraîner un compresseur ou une pompe, doivent fonctionner de façon satisfaisante entre 85 % et 110 % de la tension assignée d'alimentation (voir 4.8), la fréquence étant, en courant alternatif, la fréquence assignée d'alimentation du dispositif de fermeture (voir 4.9).

NOTE Pour les moteurs électriques, ces limites n'impliquent pas l'utilisation de moteurs spéciaux, mais seulement le choix d'un moteur fournissant l'effort nécessaire à ces limites, il n'est pas nécessaire de faire coïncider la tension assignée du moteur et la tension assignée d'alimentation du dispositif de fermeture.

En complément, un moyen manuel d'accumuler l'énergie à l'aide de ressorts (ou de poids) doit être fourni, si cela est spécifié, au constructeur; un tel moyen doit satisfaire à 5.6.3.

5.7 Manœuvre manuelle indépendante

Dans le cas d'interrupteurs ou de sectionneurs de mise à la terre manœuvrés d'une façon manuelle indépendante – si le constructeur l'a fixé – pour éviter la réouverture intempestive de l'appareil après une fermeture sur court-circuit, il convient d'introduire par des moyens appropriés une temporisation définie entre les manœuvres de fermeture et d'ouverture. La valeur de cette temporisation ne doit pas être inférieure à la durée du court-circuit (voir 4.7).

5.8 Fonctionnement des déclencheurs

Les limites de fonctionnement des déclencheurs sont les suivantes.

5.8.1 Déclencheur shunt de fermeture

Un déclencheur shunt de fermeture doit fonctionner correctement entre 85 % et 110 % de la tension assignée d'alimentation du dispositif de fermeture (voir 4.8), la fréquence, en courant alternatif, étant la fréquence assignée d'alimentation du dispositif de fermeture (voir 4.9).

5.8.2 Déclencheur shunt d'ouverture

Un déclencheur shunt d'ouverture doit fonctionner correctement dans toutes les conditions de fonctionnement de l'appareil de connexion jusqu'à son pouvoir de coupure assignée en court-circuit et entre 70 % en courant continu – ou 85 % en courant alternatif – et 110 % de la tension assignée d'alimentation du dispositif d'ouverture (voir 4.8), la fréquence, en courant alternatif, étant la fréquence assignée d'alimentation du dispositif d'ouverture (voir 4.9).

5.8.3 Fonctionnement des déclencheurs shunt à l'aide de condensateurs

Lorsque, en vue du fonctionnement d'un déclencheur shunt par accumulation d'énergie, un ensemble redresseur-condensateur, dans lequel les condensateurs sont chargés à partir de la tension du circuit principal, constitue une partie intégrante de l'appareil de connexion, les condensateurs doivent conserver une charge permettant un fonctionnement satisfaisant du déclencheur 5 s après que la tension d'alimentation a été déconnectée des bornes de l'ensemble et remplacée par une connexion de court-circuit. La tension du circuit principal avant déconnexion doit être égale à la tension la plus basse du réseau correspondant à la tension assignée de l'appareil de connexion (voir dans la CEI 60038 la relation existant entre «la tension la plus élevée pour le matériel» et les tensions du réseau).

5.8.4 Déclencheur à minimum de tension

Un déclencheur à minimum de tension doit provoquer l'ouverture de l'appareil de connexion dès que la tension aux bornes du déclencheur devient inférieure à 35 % de sa tension assignée, même si la décroissance de tension s'effectue d'une façon lente et progressive.

Par contre, il ne doit pas provoquer l'ouverture de l'appareil de connexion si la tension aux bornes du déclencheur reste supérieure à 70 % de sa tension assignée d'alimentation.

La fermeture de l'appareil de connexion doit être possible dès que la tension aux bornes du déclencheur est égale ou supérieure à 85 % de sa tension assignée. Sa fermeture doit être impossible tant que la tension aux bornes du déclencheur est inférieure à 35 % de sa tension assignée d'alimentation.

5.9 Dispositifs de verrouillage et de surveillance basse et haute pression

Quand les dispositifs de verrouillage basse pression ou haute pression sont installés dans des systèmes mécaniques de manœuvre, ils doivent pouvoir être réglés pour fonctionner aux valeurs limites appropriés de la pression ou à l'intérieur des valeurs indiquées par le constructeur, conformément à 5.6.1 et aux spécifications particulières de la CEI.

Les systèmes à pression autonomes remplis de gaz pour l'isolement et/ou la manœuvre et dont la pression minimale de fonctionnement pour l'isolement et/ou la manœuvre est supérieure à 0,2 MPa (pression absolue), doivent être pourvus des moyens pour la surveillance de la pression (ou de la masse volumique) du gaz pouvant être vérifiés en permanence ou au moins périodiquement dans le programme d'entretien, en prenant en compte les spécifications particulières de la CEI. Pour l'appareillage ayant une pression minimale de fonctionnement ne dépassant pas 0,2 MPa (pression absolue), il convient que de tels moyens fassent l'objet d'un accord entre constructeur et utilisateur.

5.10 Plaques signalétiques

L'appareillage et ses dispositifs de commande doivent être munis de plaques signalétiques donnant les renseignements nécessaires tels que le nom ou la marque du constructeur, l'année de fabrication, la désignation de type donnée par le constructeur, le numéro de série, les caractéristiques assignées, etc., spécifiés dans les normes particulières de la CEI.

Pour l'appareillage d'extérieur, les plaques signalétiques et leurs fixations doivent être à l'épreuve des intempéries et de la corrosion.

Si l'appareillage est constitué de plusieurs pôles ayant des mécanismes de commande indépendants, chaque pôle doit être muni d'une plaque signalétique.

Si le dispositif de manœuvre fait partie intégrante de l'appareil de connexion, il peut être suffisant de combiner les plaques signalétiques en une seule.

Les caractéristiques techniques utilisées sur les plaques signalétiques et dans les documents qui sont communes à plusieurs sortes d'appareillage, doivent être représentées par les mêmes symboles. Ces paramètres et ces symboles sont:

– tension assignée	U_r
– tension de tenue assignée aux chocs de foudre ¹⁾	U_p
– tension de tenue assignée aux chocs de manœuvre ¹⁾	U_s
– tension de tenue assignée à fréquence industrielle ¹⁾	U_d
– courant assigné en service continu	I_r
– courant de courte durée admissible assigné	I_k
– valeur de crête du courant admissible assigné	I_p
– fréquence assignée	f_r
– durée de court-circuit assignée	t_k
– tension assignée d'alimentation des auxiliaires	U_a
– pression (masse volumique) assignée pour l'isolement	$p_{re} (p_{re})$
– pression (masse volumique) assignée pour la manœuvre	$p_{rm} (p_{rm})$
– pression (masse volumique) d'alarme pour l'isolement	$p_{ae} (p_{ae})$
– pression (masse volumique) d'alarme pour la manœuvre	$p_{am} (p_{am})$
– pression (masse volumique) minimale pour l'isolement	$p_{me} (p_{me})$
– pression (masse volumique) minimale pour la manœuvre	$p_{mm} (p_{mm})$

D'autres caractéristiques (telles que le type de gaz ou la température d'utilisation) particulières doivent être représentées par des symboles utilisés dans les normes particulières.

¹⁾ Les valeurs à utiliser pour les plaques signalétiques sont les valeurs entre phase et terre.

5.11 Verrouillages

Pour des raisons de sécurité ou pour faciliter les manœuvres, des verrouillages entre les différentes parties du matériel peuvent être exigés (par exemple entre un appareil de connexion et le sectionneur de terre associé).

Ces verrouillages doivent être fournis s'ils font l'objet d'un accord entre constructeur et utilisateur.

Les appareils de connexion dont la manœuvre incorrecte peut causer des dommages ou qui sont utilisés pour assurer des distances de sectionnement, doivent être équipés de moyens de verrouillage, comme spécifiés au constructeur (par exemple fourniture de cadenas).

Un dispositif de verrouillage est un système fait de composants (il peut contenir des parties mécaniques, des câbles, des contacteurs, des bobines, etc.). Chaque composant doit être considéré comme faisant partie des équipements auxiliaires et de commande (voir 5.4).

5.12 Indicateur de position

Une indication claire et sûre de la position des contacts du circuit principal doit être fournie lorsqu'ils ne sont pas visibles. Il doit être possible de contrôler facilement l'état de l'indicateur de position lors d'une manœuvre locale.

Les couleurs et le marquage des dispositifs indicateurs pour les positions «ouvert», «fermé» ou, quand c'est approprié, «mis à la terre», doivent être conformes à la CEI 60073.

La position «fermé» doit être marquée, de préférence avec un I (comme indiqué par le symbole 417-CEI-5007-a de la CEI 60417). La position «ouvert» doit être marquée, de préférence avec un O (comme indiqué par le symbole 417-CEI-5008-a de la CEI 60417).

En variante, dans le cas d'appareillage à fonctions multiples, la position peut être indiquée par des symboles graphiques de schéma de la CEI 60617.

5.13 Degrés de protection procurés par les enveloppes

Les degrés de protection suivant la CEI 60529, doivent être spécifiés pour toutes les enveloppes d'appareillage à haute tension contenant des parties du circuit principal, permettant la pénétration de l'extérieur et également pour les enveloppes des circuits appropriés à basse tension de commande et/ou auxiliaires, des équipements mécaniques de manœuvre de tout appareillage et appareil de connexion à haute tension.

Les degrés de protection s'appliquent aux conditions de service du matériel.

NOTE Les degrés de protection peuvent être différents pour d'autres conditions telles que maintenance, essais, etc.

5.13.1 Protection des personnes contre l'accès aux parties dangereuses et protection du matériel contre la pénétration de corps solides étrangers

Le degré de protection des personnes procuré par une enveloppe contre l'accès aux parties dangereuses du circuit principal, des circuits de commande et/ou auxiliaires et aux parties en mouvement dangereuses (autres que les arbres lisses en rotation et les embiellages) est indiqué par l'une des désignations spécifiées dans le tableau 6.

Le premier chiffre caractéristique indique le degré de protection des personnes procuré par l'enveloppe et aussi de la protection du matériel à l'intérieur de l'enveloppe contre la pénétration de corps solides étrangers.

Si seule la protection contre l'accès aux parties dangereuses est demandée, ou si elle est de niveau plus élevé que celui indiqué par le premier chiffre caractéristique, une lettre supplémentaire peut être utilisée comme dans le tableau 6.

Le tableau 6 donne les détails sur les objets qui seront «exclus» de l'enveloppe pour chacun des degrés de protection. Le terme «exclus» implique que les corps solides étrangers n'entreront pas entièrement dans l'enveloppe et qu'une partie du corps ou un objet tenu par une personne n'entrera pas dans l'enveloppe ou, si elle ou il entre, qu'une distance adéquate sera maintenue et qu'aucune partie mobile dangereuse ne sera touchée.

5.13.2 Protection contre la pénétration d'eau

Aucun degré de protection n'est spécifié contre les effets nuisibles dus à la pénétration d'eau, comme indiqué par le second chiffre caractéristique du code IP (second chiffre caractéristique X).

Le matériel pour l'installation à l'extérieur, munie d'une protection contre la pluie et autres conditions climatiques, doit être spécifié au moyen d'une lettre supplémentaire W placée après le second chiffre caractéristique ou après la lettre additionnelle éventuelle.

5.13.3 Protection du matériel contre les impacts mécaniques dans les conditions normales de service

Les enveloppes de l'appareillage sous enveloppe doivent avoir une résistance mécanique suffisante (les essais correspondants sont spécifiés en 6.7.2).

Pour l'installation à l'intérieur, le niveau d'impact spécifié est de 2 J.

Pour l'installation à l'extérieur sans protection mécanique supplémentaire, des niveaux d'impact plus élevés peuvent être spécifiés faisant l'objet d'un accord entre constructeur et utilisateur.

Tableau 6 – Degrés de protection

Degré de protection	Protection contre la pénétration de corps solides étrangers	Protection contre l'accès aux parties dangereuses
IP1XB	Objets de diamètre supérieur ou égal à 50 mm	Accès avec un doigt (doigt d'épreuve de 12 mm de diamètre et de 80 mm de longueur)
IP2X	Objets de diamètre supérieur ou égal à 12,5 mm	Accès avec un doigt (doigt d'épreuve de 12 mm de diamètre et de 80 mm de longueur)
IP2XC	Objets de diamètre supérieur ou égal à 12,5 mm	Accès avec un outil (tige d'essai de 2,5 mm de diamètre et de 100 mm de longueur)
IP2XD	Objets de diamètre supérieur ou égal à 12,5 mm	Accès avec un fil (fil d'essai de 1,0 mm de diamètre et de 100 mm de longueur)
IP3X	Objets de diamètre supérieur ou égal à 2,5 mm	Accès avec outil (tige d'essai de 2,5 mm de diamètre et de 100 mm de longueur)
IP3XD	Objets de diamètre supérieur ou égal à 2,5 mm	Accès avec un fil (fil d'essai de 1,0 mm de diamètre et de 100 mm de longueur)
IP4X	Objets de diamètre supérieur ou égal à 1,0 mm	Accès avec un fil (fil d'essai de 1,0 mm de diamètre et de 100 mm de longueur)
IP5X	Poussière La pénétration de la poussière n'est pas totalement empêchée mais elle ne pénètre pas en quantité et à un endroit tels qu'elle puisse gêner le fonctionnement normal de l'appareil ou diminuer la sécurité	Accès avec un fil (fil d'essai de 1,0 mm de diamètre et de 100 mm de longueur)

NOTE 1 La désignation du degré de protection est conforme à la CEI 60529.

NOTE 2 Dans le cas de l'IP5X, la catégorie 2 de 13.4 de la CEI 60529 est applicable.

NOTE 3 Si la protection contre l'accès aux parties dangereuses est seule concernée, la lettre additionnelle est utilisée et le premier chiffre caractéristique est remplacé par X.

5.14 Lignes de fuite

La CEI 60815 fournit des règles générales pour aider à choisir des isolateurs qui donnent en principe satisfaction sous pollution.

La ligne de fuite nominale minimale d'un isolateur d'extérieur en céramique ou en verre placé entre phase et terre, entre phases ou entre les bornes d'un appareil de connexion est déterminée par la formule:

$$l_t = a \times l_f \times U_r \times k_D$$

où

l_t est la ligne de fuite nominale minimale (mm) (voir note 1);

a est le facteur d'application choisi suivant le tableau 7 en fonction du type d'isolation;

l_f est la ligne de fuite nominale spécifique minimale selon le tableau II de la CEI 60815 (mm/kV) (voir note 2);

U_r est la tension assignée de l'appareillage;

k_D est le facteur de correction dû au diamètre (selon 5.3 de la CEI 60815).

NOTE 1 Pour les lignes de fuite réelles, les tolérances spécifiées de construction sont applicables (voir CEI 60273 et CEI 60233).

NOTE 2 Rapport de la ligne de fuite mesurée entre phase et terre sur U_r .

Tableau 7 – Facteurs d'application des lignes de fuite

Application à l'isolation	Facteur d'application a
Entre phase et terre	1,0
Entre phases	$\sqrt{3}$
Entre contacts ouverts d'un disjoncteur ou d'un interrupteur	1,0
NOTE 1. Les appareils de connexion susceptibles d'être exposés à des discordances de phase peuvent nécessiter une ligne de fuite quelque peu plus longue entre contacts ouverts. Un facteur d'application $a = 1,15$ a été suggéré pour de telles applications.	
NOTE 2. Les isolateurs non verticaux susceptibles d'être couverts de neige fondante polluée peuvent nécessiter une ligne de fuite plus longue.	

5.15 Étanchéité au gaz et au vide

Les spécifications suivantes s'appliquent à tout appareillage qui utilise pour l'isolation et/ou la coupure, un gaz autre que l'air à pression atmosphérique, ou le vide. L'annexe E donne des éléments d'information, des exemples et un guide pour l'étanchéité.

5.15.1 Systèmes à pression de gaz entretenue

L'étanchéité des systèmes à pression de gaz entretenue est spécifiée par le nombre de compléments de remplissage par jour (N) ou par la baisse de pression par jour (Δp). Les valeurs admissibles doivent être données par le constructeur.

5.15.2 Systèmes à pression de gaz autonomes

Les caractéristiques d'étanchéité des systèmes à pression de gaz autonomes indiquées par le constructeur doivent être cohérentes avec une maintenance minimale et une philosophie de l'inspection.

L'étanchéité des systèmes à pression de gaz autonomes est spécifiée par le taux de fuite relatif F_{rel} de chaque compartiment; les valeurs normalisées sont 1 % et 3 % par an.

NOTE Ces valeurs peuvent être utilisées pour calculer l'intervalle entre compléments de remplissage T en dehors des conditions extrêmes de température ou des manœuvres fréquentes.

Les fuites éventuelles entre sous-ensembles ayant des pressions différentes sont également prises en compte. Pour le cas particulier de la maintenance d'un compartiment, les compartiments adjacents étant sous pression, il convient que le constructeur indique aussi le taux de fuite admissible à travers la cloison, et l'intervalle entre compléments de remplissage doit rester supérieur à un mois.

Des moyens doivent être fournis pour permettre les compléments de remplissage des systèmes à gaz en toute sécurité, le matériel étant en service.

5.15.3 Systèmes à pression scellés

L'étanchéité des systèmes à pression scellés est spécifiée par leur durée de vie escomptée.

Les valeurs normales sont 20 ans et 30 ans.

5.16 Etanchéité au liquide

Les spécifications suivantes s'appliquent à tout appareillage qui utilise des liquides pour l'isolation et/ou la coupure, ou comme fluide de commande avec ou sans pression permanente.

5.16.1 Systèmes à pression de liquide entretenue

L'étanchéité des systèmes à pression de liquide entretenue est spécifiée par le nombre de compléments de remplissage par jour M_{liq} ou par la baisse de pression Δp_{liq} sans complément de remplissage, tous deux engendrés par le taux de fuite relatif F_{liq} .

Les valeurs admissibles doivent être indiquées par le constructeur.

5.16.2 Systèmes à pression de liquide autonomes

Le niveau d'étanchéité des systèmes à pression de liquide autonomes, pressurisé ou non, doit être spécifié par le constructeur.

5.16.3 Niveaux d'étanchéité pour liquide

Le niveau d'étanchéité pour les liquides doit être indiqué par le constructeur. Ce faisant, on doit distinguer clairement les étanchéités interne et externe.

- a) étanchéité absolue: aucune perte de liquide ne peut être détectée;
- b) étanchéité relative: une légère perte est acceptable dans les conditions suivantes:
 - le taux de fuite F_{liq} doit être inférieur au taux de fuite admissible $F_{p(liq)}$;
 - le taux de fuite F_{liq} ne doit pas augmenter de façon continue en fonction du temps ou, pour un appareil de connexion, en fonction du nombre de manœuvres;
 - la fuite de liquide ne doit provoquer aucun dysfonctionnement de l'appareillage ni constituer un danger pour les opérateurs dans l'exercice normal de leur travail.

5.17 Ininflammabilité

Il convient que le choix des matériaux et la conception des pièces soient tels que la propagation de flammes engendrées par un échauffement accidentel à l'intérieur de l'appareillage soit retardée.

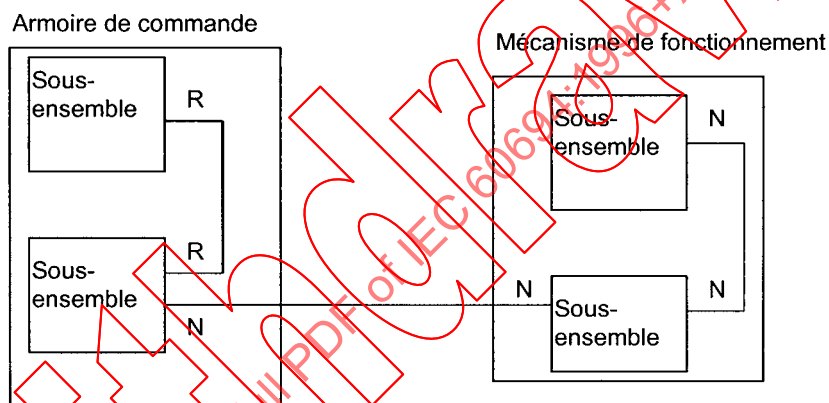
5.18 Compatibilité électromagnétique (CEM)

Le système secondaire doit être capable de supporter les perturbations électromagnétiques définies en 2.1, sans avarie ni mauvais fonctionnement. Cela s'applique aussi bien aux régimes établis qu'aux conditions de manœuvres incluant l'interruption des courants de défaut dans le circuit principal.

Deux classes de sévérité CEM sont définies pour les interfaces ou ports des systèmes secondaires ou des sous-ensembles:

- classe de sévérité normale CEM:
 - interfaces ou ports situés à proximité du système primaire de haute tension;
 - interfaces ou ports destinés à la connexion entre des armoires à l'intérieur d'un système secondaire;
- classe de sévérité réduite CEM: interfaces ou ports destinés uniquement à la connexion dans une armoire et situés loin du système primaire de haute tension.

Un système secondaire complet peut être constitué d'éléments appartenant aux deux classes. Un exemple est montré à la figure 9.



IEC 1696/2000

N Classe de sévérité normale CEM

R Classe de sévérité réduite CEM

Figure 9 – Exemple de choix de classe de sévérité CEM

NOTE Des indications générales concernant la CEM et des recommandations pour améliorer la CEM sont données dans la CEI 61000-5-1 et la CEI 61000-5-2. L'amplitude des tensions induites dans un système secondaire dépend du système considéré et des conditions d'installation dans le poste, telles que le raccordement à la terre et la tension assignée du circuit principal.

6 Essais de type

6.1 Généralités

Les essais de type ont pour but de vérifier les caractéristiques de l'appareillage, de ses dispositifs de commande et de ses équipements auxiliaires.

6.1.1 Groupement des essais

Les essais de type doivent être effectués avec un maximum de quatre spécimens d'essai, sauf spécification différente dans les normes CEI applicables.

NOTE La raison de cette exigence est de donner aux utilisateurs une plus grande assurance que l'appareillage essayé représente bien celui qui sera fourni (à la limite, ceci demanderait que tous les essais soient effectués sur un seul spécimen), tout en permettant aux constructeurs d'effectuer les essais dans des laboratoires différents pour chaque groupe d'essai.

Chaque spécimen d'essai d'appareillage doit être réellement conforme aux dessins de son type et être soumis à un ou plusieurs essais de type.

Pour des raisons pratiques les essais de type peuvent être groupés. Un exemple de regroupement possible est indiqué dans le tableau 8 suivant.

Tableau 8 – Exemple de groupement des essais de type

Groupe	Essais de type	Paragraphes
1	Essais diélectriques des circuits principaux, auxiliaire et de commande Essai de tension de perturbation radioélectrique	6.2 6.3
2	Mesurage de la résistance du circuit principal Essais d'échauffement	6.4 6.5
3	Essai au courant de courte durée et à la valeur de crête du courant admissible Essais d'établissement et de coupure	6.6 Voir normes CEI applicables
4	Essais de vérification de la protection procurée par les enveloppes Essais d'étanchéité (quand ils sont applicables) Essais mécaniques Essais d'environnement	6.7 6.8 } Voir normes CEI applicables

Lorsque d'autres essais de type sont nécessaires, ils sont spécifiés dans les normes CEI applicables.

Chaque essai de type particulier doit être effectué en principe sur l'appareillage complet (mais voir 3.2.2) en condition de service (rempli des quantités et qualités spécifiées de liquides ou de gaz aux pressions et aux températures spécifiées), sur leurs dispositifs de commande et matériels auxiliaires, le tout devant être, ou ramené à l'état neuf et propre au début de chaque essai de type.

La remise en état pendant chaque essai de type peut être permise par la norme CEI applicable. Le constructeur doit déclarer au laboratoire d'essai la liste des pièces qui peuvent être remises à neuf pendant l'essai.

6.1.2 Informations pour l'identification des spécimens d'essai

Le constructeur doit soumettre au laboratoire d'essai les dessins et les données fournissant l'information suffisante pour identifier sans ambiguïté les détails et les pièces essentiels du type d'appareillage présenté à l'essai. Chaque dessin ou tableau de données doit avoir une référence unique et doit inclure une déclaration selon laquelle le constructeur s'engage sur la conformité de ceux-ci avec l'appareillage présenté à l'essai.

A la fin de la vérification, les dessins de détail et autres données doivent être rendus au constructeur pour stockage.

Le constructeur doit garder des dossiers détaillés de la conception de chaque pièce de l'appareillage essayé et s'assurer qu'elle peut être identifiée au moyen des dessins et tableaux de données.

NOTE Les constructeurs dont les systèmes de production ont été certifiés conformes à l'ISO 9001 ou ISO 9002 satisfont aux exigences ci-dessus.

Le laboratoire d'essai doit vérifier que les dessins et tableaux de données représentent correctement les détails et pièces essentiels de l'appareillage à essayer, mais ne doit pas être responsable de la précision des détails de l'information.

Les dessins particuliers et les données qui doivent être soumis par le constructeur au laboratoire d'essai pour l'identification de l'appareillage sont spécifiés à l'annexe A.

NOTE Il n'est pas nécessaire de répéter un essai particulier à la suite d'une modification de détail de construction, si le constructeur peut démontrer que cette modification n'a pas d'influence sur le résultat de ce type particulier d'essai.

6.1.3 Informations à inclure dans les rapports d'essai

Les résultats de tous les essais de type doivent être enregistrés dans des rapports d'essai contenant assez d'information pour prouver la conformité avec la spécification, et pour identifier les parties essentielles de l'appareillage. Ils doivent comprendre, en particulier les informations suivantes:

- le constructeur;
- la désignation du type et le numéro de série de l'appareillage essayé;
- les caractéristiques assignées de l'appareillage essayé, telles que spécifiées dans les normes CEI applicables;
- la description générale (par le constructeur) de l'appareillage essayé, y compris le nombre de pôles;
- la marque, le type, les numéros de série et les caractéristiques des parties essentielles, quand cela s'applique (par exemple le mécanisme de commande, les chambres de coupure, les impédances en parallèle);
- les détails généraux du châssis de l'appareil de connexion ou de l'appareillage sous enveloppe dont l'appareil de connexion fait partie intégrante;
- détails de mécanismes et dispositifs de commande utilisés pendant l'essai, lorsque cela s'applique;
- des photographies illustrant l'état de l'appareillage avant et après l'essai;
- les dessins d'encombrement et tableaux de données suffisants pour représenter l'appareillage essayé;
- les numéros de référence de tous les dessins soumis pour identifier les parties essentielles de l'appareillage essayé;
- les détails des dispositions d'essai (y compris les schémas du circuit d'essai);
- la description du comportement de l'appareillage pendant les essais, son état après les essais, et toute pièce remise en état ou à neuf pendant l'essai;
- les enregistrements des paramètres pour chaque séquence d'essai, selon la norme CEI applicable.

6.2 Essais diélectriques

Les essais diélectriques de l'appareillage doivent être effectués selon la CEI 60060-1, sauf spécification différente dans la présente norme.

Des renseignements sur les essais diélectriques sont donnés à l'annexe F.

NOTE Lorsque l'appareillage comprend des dispositifs limiteurs de tension qui ne peuvent pas être séparés de l'appareillage proprement dit, il convient d'essayer l'ensemble selon l'annexe F.

6.2.1 Conditions de l'air ambiant pendant les essais

On doit se référer à la CEI 60060-1 en ce qui concerne les conditions atmosphériques normes de référence, et les facteurs de correction atmosphérique.

On doit appliquer le facteur de correction K_t à l'appareillage dont l'isolation externe à l'air libre constitue l'élément principal.

Le facteur de correction de l'humidité ne doit être appliqué que pour les essais à sec de l'appareillage dont l'isolation externe à l'air libre constitue l'élément principal.

Pour l'appareillage de tension assignée inférieure ou égale à 52 kV, on peut considérer que:

- $m = 1$ et $w = 0$ quand l'humidité absolue est plus grande que celle de l'atmosphère de référence, à savoir quand $h > 11 \text{ g/m}^3$;
- $m = 1$ et $w = 1$ quand l'humidité absolue est plus petite que celle de l'atmosphère de référence, à savoir quand $h < 11 \text{ g/m}^3$.

Pour l'appareillage possédant une isolation externe et une isolation interne, on doit appliquer le facteur de correction K_t si la valeur de celui-ci est comprise entre 0,95 et 1,05. Cependant, de manière à éviter des contraintes supplémentaires sur l'isolation interne, on peut ne pas appliquer le facteur de correction K_t si on a prouvé le comportement satisfaisant de l'isolation externe. Si le facteur de correction n'est pas compris entre 0,95 et 1,05, les détails des essais diélectriques doivent faire l'objet d'un accord entre constructeur et utilisateur.

Pour l'appareillage comportant seulement une isolation interne, les conditions de l'air ambiant n'ont pas d'influence et ne doit pas appliquer le facteur de correction K_t .

Pour les essais de tension combinée, le paramètre g doit être calculé en considérant la valeur totale de la tension d'essai.

6.2.2 Modalités des essais sous pluie

L'isolation externe de l'appareillage pour l'extérieur doit être soumise à des essais de tenue sous pluie selon la procédure normalisée de la CEI 60060-1.

6.2.3 Etat de l'appareillage pendant les essais diélectriques

Les essais diélectriques doivent être effectués sur l'appareillage complètement assemblé comme en service; les surfaces extérieures des éléments isolants doivent être soigneusement nettoyées.

L'appareillage doit être monté pour l'essai avec la hauteur et les distances minimales dans l'air, spécifiées par le constructeur.

On admet qu'un matériel essayé à une hauteur donnée au-dessus du niveau du sol fonctionne de façon satisfaisante lorsqu'il est installé en service à une hauteur supérieure au-dessus du niveau du sol.

Lorsque la distance entre les pôles de l'appareillage n'est pas fixée par construction, la distance entre les pôles à adopter pour les essais sera la valeur minimale indiquée par le constructeur. Toutefois, afin d'éviter de monter des appareils tripolaires de grandes dimensions à seule fin d'effectuer des essais, les essais de pollution artificielle et les essais de tension de perturbation radioélectrique peuvent être effectués sur un seul pôle et, si la distance minimale entre pôles est égale ou supérieure à celles données dans les tableaux F.1 et F.3 de la CEI 60071-2, tous les autres essais diélectriques peuvent être exécutés sur un seul pôle.

Lorsque le constructeur indique qu'un isolement supplémentaire tel que des enrubannages ou des écrans est exigé pour l'utilisation en service, une telle isolation supplémentaire doit aussi être utilisée pendant les essais.

Si des éclateurs de protection ou des anneaux de garde sont nécessaires pour la protection du réseau, ces éclateurs peuvent être enlevés ou leur écartement augmenté en vue de l'essai. S'ils sont nécessaires pour la répartition du gradient, ils doivent être maintenus en place pendant l'essai.

En ce qui concerne l'appareillage utilisant un gaz comprimé pour l'isolement, les essais diélectriques doivent être effectués à la masse volumique minimale pour l'isolement spécifiée par le constructeur. On doit noter la température et la pression du gaz pendant les essais et l'indiquer dans le rapport d'essais.

NOTE Attention: Au cours des essais diélectriques de l'appareillage comprenant des appareils de coupure dans le vide, il est recommandé de s'assurer que le niveau de l'émission possible de rayonnement X reste dans les limites qu'impose la sécurité. Les règles nationales de sécurité peuvent influencer sur les mesures de sécurité à adopter.

6.2.4 Conditions de réussite des essais

a) Essais de tension de tenue de courte durée à fréquence industrielle

L'appareillage doit être considéré comme ayant réussi l'essai si aucune décharge disruptive ne se produit.

Si une décharge disruptive se produit sur l'isolation externe auto-régénératrice au cours des essais sous pluie, l'essai doit être répété dans les mêmes conditions, et l'appareillage doit être considéré comme ayant satisfait à cet essai si aucune nouvelle décharge disruptive ne se produit.

b) Essais aux chocs

Il faut appliquer la procédure B de la CEI 60060-1: 15 chocs consécutifs de foudre ou de manœuvre doivent être appliqués à la tension de tenue assignée dans chaque condition d'essai et dans chaque polarité. L'appareillage doit être considéré comme ayant réussi l'essai si le nombre des décharges disruptives sur l'isolation auto-régénératrice ne dépasse pas deux dans chaque série de 15 chocs, et si aucune décharge disruptive ne se produit sur l'isolation non auto-régénératrice.

La procédure C de la CEI 60060-1 peut être appliquée en variante à l'essai de tenue de 15 chocs. Dans ce cas, l'essai doit consister en l'application de trois chocs consécutifs dans chaque polarité. L'appareillage doit être considéré comme ayant réussi l'essai si aucune décharge disruptive ne se produit. Si une décharge disruptive se produit sur la partie auto-régénératrice de l'isolation, 9 chocs supplémentaires doivent alors être appliqués, et si aucune décharge disruptive ne se produit, l'appareillage doit être considéré comme ayant réussi l'essai.

S'il est prouvé que les essais dans une polarité donnent les résultats les plus défavorables, il est permis de n'effectuer les essais que dans cette polarité.

Certains matériaux isolants restent chargés après un essai au choc et des précautions doivent être prises dans ce cas lors des changements de polarité. Pour permettre aux matériaux isolants de se décharger, il est recommandé d'utiliser des méthodes appropriées, telles que l'application de trois chocs de polarité inverse de tension au moins égale à 80 % de la tension d'essai, avant les essais.

c) Commentaire général

Lors de l'essai d'un gros appareillage, la partie du matériel à travers laquelle la tension d'essai est appliquée peut être soumise à de nombreuses séquences d'essai pour vérifier les propriétés isolantes des autres parties situées en aval (disjoncteurs, sectionneurs, autres travées). Il est recommandé d'essayer les parties tour à tour en commençant par la première partie raccordée. Quand cette partie a réussi l'essai selon les critères exposés ci-dessus, sa qualification n'est pas remise en question par d'éventuelles décharges disruptives pouvant se produire lors des essais ultérieurs sur d'autres parties.

NOTE Ces décharges peuvent être le résultat de l'accumulation de la probabilité de décharge avec le plus grand nombre d'applications de tensions, ou de tension réfléchie suite à une décharge disruptive à un point éloigné de l'appareillage. Pour réduire la probabilité d'apparition de ces décharges, il est permis d'augmenter la pression de la première partie après qu'elle a réussi ses essais.

6.2.5 Application de la tension d'essai et conditions d'essai

Il faut distinguer le cas général, où les trois tensions d'essai (entre phase et terre, entre pôles et entre contacts ouverts) sont les mêmes, et le cas particulier de la distance de sectionnement et de l'isolement entre phases supérieur à celui entre phase et terre.

6.2.5.1 Cas général

La tension d'essai doit être appliquée selon le tableau 9 ci-dessous, en se référant à la figure 2 qui représente le schéma de raccordement d'un appareil de connexion tripolaire.

Tableau 9 – Conditions d'essais dans le cas général

Condition d'essai	Appareil de connexion	Tension appliquée à	Terre raccordée à
1	Fermé	Aa	BCbcF
2	Fermé	Bb	ACacF
3	Fermé	Cc	ABabF
4	Ouvert	A	BCabcF
5	Ouvert	B	ACabcF
6	Ouvert	C	ABabcF
7	Ouvert	a	ABCbcF
8	Ouvert	b	ABCacF
9	Ouvert	c	ABCabF

Les conditions d'essais 3, 6 et 9 peuvent être supprimées si les pôles extérieurs sont disposés symétriquement par rapport au pôle central et par rapport au châssis. Les conditions d'essais 7, 8 et 9 peuvent être supprimées si les bornes de chaque pôle sont disposées symétriquement par rapport au châssis.

6.2.5.2 Cas particulier

Lorsque la tension d'essai entre les bornes de l'appareil de connexion ouvert est supérieure à la tension de tenue entre phase et terre, plusieurs méthodes d'essai peuvent être utilisées:

a) Méthode préférentielle

Sauf spécification différente dans la présente norme, la méthode préférentielle consiste en l'utilisation d'essais de tensions combinées (voir article 26 de la CEI 60060-1).

– Essais de tension à fréquence industrielle

Les essais doivent être effectués au moyen de deux sources différentes de tension en condition de discordance de phases en vue d'obtenir la tension d'essai spécifiée. Le partage de la tension est spécifié en 6.2.6.1 et en 6.2.7.1.

Dans ce cas, la tension d'essai entre les bornes de l'appareil de connexion ouvert (ou de la distance de sectionnement) doit être appliquée selon le tableau 10 ci-dessous:

Tableau 10 – Conditions d'essais de l'isolation longitudinale à la tension à fréquence industrielle

Condition d'essai	Tension appliquée à	Terre raccordée à
1	A et a	BCbcF
2	B et b	ACacF
3	C et c	ABabF

La condition d'essais 3 peut être supprimée si les pôles extérieurs sont disposés symétriquement par rapport au pôle central et par rapport au châssis.

– Essais aux tensions de choc

La tension de tenue assignée au choc entre phase et terre constitue la partie principale de la tension d'essai et est appliquée à une borne; la tension complémentaire est fournie par une autre source de tension de polarité opposée et appliquée à la borne opposée. Cette tension complémentaire peut être, soit une tension de choc, soit la crête d'une tension à fréquence industrielle. Les autres pôles et le châssis sont reliés à la terre.

Pour tenir compte de l'influence du choc sur l'onde de tension à fréquence industrielle, due au couplage capacitif entre les deux circuits de tension, les exigences d'essai suivantes doivent être remplies: la chute de tension de l'onde à fréquence industrielle doit être limitée de telle façon que la tension réelle d'essai par rapport à la terre, mesurée à l'instant correspondant à la valeur de crête du choc, ne soit pas inférieure à la valeur spécifiée pour la tension complémentaire avec une tolérance de 5 %. Pour remplir cette condition, la tension instantanée à fréquence industrielle peut être augmentée sans dépasser $U_r \sqrt{2}/\sqrt{3}$ pour les essais au choc de foudre et $1,2 U_r \sqrt{2}/\sqrt{3}$ pour les essais au choc de manœuvre. Voir D.2.3.1.

La chute de tension peut être considérablement réduite en raccordant un condensateur de valeur convenable en parallèle avec la borne raccordée à la tension à fréquence industrielle.

La tension d'essai doit être appliquée selon le tableau 11 ci-dessous:

Tableau 11 – Conditions d'essai de l'isolation longitudinale à la tension de choc

Condition d'essai	Partie principale	Partie complémentaire	Terre reliée à
	Tension appliquée a		
1	A	a	BbCcF
2	B	b	AaCcF
3	C	c	AaBbF
4	a	A	BbCcF
5	b	B	AaCcF
6	c	C	AaBbF

Les conditions d'essais 3 et 6 peuvent être supprimées si les pôles extérieurs sont disposés symétriquement par rapport au pôle central et par rapport au châssis.

Les conditions d'essais 4, 5 et 6 peuvent être supprimées si les bornes de chaque pôle sont disposées symétriquement par rapport au châssis.

b) Méthode en variante

Lorsqu'une seule source de tension est utilisée, l'isolement entre bornes de l'appareil de connexion ouvert (ou de la distance de sectionnement) peut aussi être essayé comme suit, pour les essais de tension à fréquence industrielle comme pour les essais à la tension de choc.

- La tension totale d'essai U_t est appliquée entre une borne et la terre, la borne opposée est reliée à la terre.
- Si la tension correspondante aux bornes des isolateurs-soutiens de l'appareil de connexion dépasse la tension de tenue assignée entre phase et terre, le châssis doit être fixé à une tension partielle U_f par rapport à la terre, en sorte que $U_t - U_f$ soit compris entre 90 % et 100 % de la tension de tenue assignée entre phase et terre.

6.2.6 Essais de l'appareillage de $U_r \leq 245$ kV

Les essais doivent être effectués avec les tensions d'essai du tableau 1a ou 1b.

6.2.6.1 Essais de tension à fréquence industrielle

L'appareillage doit être soumis à des essais de tension de tenue de courte durée à fréquence industrielle, selon la CEI 60060-1. Pour chaque condition d'essai, la tension doit être élevée jusqu'à la valeur d'essai et y être maintenue pendant 1 min.

Les essais doivent être effectués à sec et aussi sous pluie pour l'appareillage d'extérieur.

La distance de sectionnement peut être essayée comme suit:

- méthode préférentielle. Dans ce cas, aucune des valeurs des deux tensions appliquées aux deux bornes ne doit être inférieure au tiers de la tension de tenue assignée entre phase et terre;
- méthode en variante. Pour les appareils de connexion isolés au gaz sous enveloppe métallique de tension assignée inférieure à 72,5 kV et pour les appareils conventionnels de toute tension, il n'est pas nécessaire de fixer aussi précisément la tension par rapport à la terre U_f du châssis qui peut même être isolé.

NOTE Compte tenu de la grande dispersion des résultats d'essais de tension à fréquence industrielle sous pluie pour les appareils de connexion de tension assignée égale à 170 kV et 245 kV. Il est permis de les remplacer par un essai de tension de choc de manœuvre 250/2 500 μ s sous pluie, avec une valeur de crête égale à 1,55 fois la valeur efficace de la tension spécifiée à fréquence industrielle.

6.2.6.2 Essais de tension de choc de foudre

L'appareillage doit être soumis à des essais de tension de choc de foudre, à sec seulement. Les essais doivent être effectués dans les deux polarités à l'aide de chocs de foudre normalisés 1,2/50 μ s selon la CEI 60060-1.

Lorsque la méthode en variante est utilisée pour essayer la distance de sectionnement des appareils de connexion isolés au gaz sous enveloppe métallique de tension assignée inférieure à 72,5 kV et des appareils de connexion conventionnels de toute tension, il n'est pas nécessaire de fixer avec précision la tension U_f du châssis qui peut même être isolé.

6.2.7 Essais de l'appareillage de tension assignée supérieure à 245 kV

En position fermée, les essais doivent être effectués dans les conditions 1, 2 et 3 du tableau 9. En position ouverte, les essais doivent être effectués comme indiqué ci-dessous (mais voir 6.2.3). De plus, des essais de tension au choc de manœuvre entre phases doivent être effectués comme indiqué ci-dessous. Les tensions d'essais sont données dans les tableaux 2a et 2b.

6.2.7.1 Essais de tension à fréquence industrielle

L'appareillage doit être soumis à des essais de tension de tenue de courte durée à fréquence industrielle selon la CEI 60060-1. Pour chaque condition d'essai, la tension doit être élevée jusqu'à la valeur d'essai et y est maintenue pendant 1 min.

Les essais doivent être effectués à sec seulement.

L'isolement entre bornes de l'appareil de connexion ouvert, ou la distance de sectionnement, doit être essayé par la méthode préférentielle a) de 6.2.5.2 ci-dessus. Par accord entre constructeur et utilisateur, la méthode b) de 6.2.5.2 peut aussi être utilisée. Quelle que soit la méthode choisie, aucune des tensions appliquées entre une borne et le châssis ne doit être supérieure à la tension assignée U_r .

6.2.7.2 Essais à la tension de choc de manœuvre

L'appareillage doit être soumis à des essais de tension de choc de manœuvre. Les essais doivent être effectués avec des tensions des deux polarités, au moyen de chocs de manœuvre 250/2500 μ s normalisés selon la CEI 60060-1. Des essais sous pluie doivent être effectués pour l'appareillage d'extérieur seulement.

La distance de sectionnement doit être essayée par la méthode préférentielle a) de 6.2.5.2.

L'isolement entre pôles doit être essayé à sec seulement avec la tension d'essai totale donnée par la colonne 5 des tableaux 2, au moyen de la méthode préférentielle a) de 6.2.5.2 ci-dessus dans laquelle il convient que les deux composantes de tension soient égales à la moitié de la tension d'essai totale.

La répartition réelle de la tension doit être aussi équilibrée que possible. Toute répartition déséquilibrée de la tension d'essai totale est plus sévère. Lorsque les composantes de tension sont différentes en forme et/ou en amplitude, l'essai doit être répété en inversant les connexions.

6.2.7.3 Essais de tension de choc de foudre

L'appareillage doit être soumis aux essais de tension de choc de foudre à sec seulement. Les essais doivent être effectués avec des tensions des deux polarités au moyen des chocs de foudre 1,2/50 μ s normalisés, selon la CEI 60060-1.

6.2.8 Essais de pollution artificielle

Aucun essai de pollution artificielle n'est nécessaire lorsque les lignes de fuite des isolateurs sont conformes aux exigences de 5.14.

Si les lignes de fuite ne sont pas conformes aux exigences de 5.14, il convient d'effectuer des essais de pollution artificielle selon la CEI 60507, avec la tension assignée et les facteurs d'application donnés en 5.14.

6.2.9 Essais de décharges partielles

Lorsqu'ils sont demandés dans les normes particulières de la CEI, les essais de décharges partielles doivent être effectués et les mesurages faits selon la CEI 60270.

6.2.10 Essais diélectriques des circuits auxiliaires et de commande

Les circuits auxiliaires et de commande de l'appareillage doivent être soumis aux essais de tenue à la tension de choc ainsi qu'aux essais de tenue de tension à fréquence industrielle. Chaque essai doit être exécuté:

- a) entre les circuits auxiliaires et de commande reliés entre eux et le bâti de l'appareillage;
- b) si cela est réalisable, entre chaque partie des circuits auxiliaires et de commande qui peut être isolée des autres parties en service normal, et les autres parties reliées entre elles et au bâti.

Les essais de tenue à la tension de choc doivent être réalisés conformément à la CEI 60255-5. La valeur crête de la tension de choc doit être de 5 kV. Les circuits auxiliaires et de commande doivent supporter les essais sans dommage permanent. Après les essais, ils doivent être en état de fonctionnement.

Les essais de tenue de tension à fréquence industrielle doivent être réalisés conformément à la CEI 61180-1. La tension d'essai doit être de 2 kV pour une durée de 1 min.

On doit considérer que les circuits auxiliaires et de commande de l'appareillage ont satisfait aux essais s'il ne se produit pas de décharge disruptive pendant ceux-ci.

Normalement, la tension d'essai des moteurs et des autres équipements utilisés dans les circuits auxiliaires et de commande doit être la même que celle de ces circuits. Si ces appareils ont déjà été essayés conformément à leur propre spécification, ils peuvent être déconnectés pendant ces essais. Des valeurs inférieures des tensions d'essai sont à l'étude pour les équipements auxiliaires. S'il est possible de vérifier que les contraintes diélectriques le permettent, des valeurs plus basses de tension peuvent être utilisées après accord entre le constructeur et l'utilisateur.

NOTE Les valeurs inférieures possibles sont de 2,5 kV pour l'essai de tenue aux chocs et 1 kV pour l'essai de tenue de tension à fréquence industrielle.

Le critère de choix est basé sur la valeur la plus élevée de la tension de mode commun, à fréquence industrielle, susceptible d'apparaître entre deux points du circuits de terre du poste (par exemple, lors d'un court-circuit primaire ou du fait de la présence d'une réactance shunt).

6.2.11 Essai de tension comme vérification d'état

Lorsque, après les essais de type de fermeture et de coupure et/ou les essais d'endurance électrique ou mécanique, les propriétés d'isolation entre les contacts ouverts d'un appareil de connexion ne peuvent pas être vérifiées avec assez de confiance par examen visuel, un essai de tenue de tension à fréquence industrielle à sec, conformément à 6.2.6.1 et 6.2.7.1, entre les bornes de l'appareil de connexion ouvert, peut être approprié à la valeur suivante:

Pour le matériel de tension assignée ne dépassant pas 245 kV:

- 80 % de la valeur du tableau 1a ou 1b, colonne 3 pour les sectionneurs et interrupteurs-sectionneurs (matériels devant satisfaire aux prescriptions de sécurité), et colonne 2 pour les autres;

Matériel de tension assignée supérieure ou égale à 300 kV:

- 100 % de la valeur du tableau 2a ou 2b, colonne 3, pour les sectionneurs et interrupteurs-sectionneurs (matériels devant satisfaire aux prescriptions de sécurité);
- 80 % de la valeur du tableau 2a ou 2b, colonne 3, pour les autres matériels.

NOTE 1 La réduction de la tension d'essai est justifiée par la marge de sécurité incluse dans les valeurs de tension de tenue assignée qui tient compte, par exemple, du vieillissement du matériel, de son usure et autre détérioration normale et par la dispersion des tensions d'amorçage.

NOTE 2 Les essais de vérification d'état de l'isolation entre phase et terre peuvent être exigés pour certains appareils sous enveloppe. Dans ce cas, un essai de tenue à fréquence industrielle pourra être réalisé à 80 % des valeurs des colonnes 2 respectivement des tableaux 1 et 2.

NOTE 3 La norme de produit concerné peut spécifier que cet essai de vérification d'état est obligatoire pour certains types de matériels.

6.3 Essais de tension de perturbation radioélectrique

Ces essais concernent seulement l'appareillage de tension assignée égale ou supérieure à 123 kV, et ces essais doivent être effectués lorsqu'ils sont spécifiés dans les normes particulières de la CEI. L'appareillage doit être installé comme indiqué en 6.2.3.

La tension d'essai doit être appliquée comme suit:

- a) en position de fermeture, entre les bornes et le châssis relié à la terre;
- b) en position d'ouverture, entre une borne et les autres bornes connectées au châssis lui-même relié à la terre, puis avec les connexions inversées si l'appareil de connexion n'est pas symétrique.

L'armoire, la cuve, le châssis et les autres éléments normalement reliés à la terre, doivent être connectés à la terre. Il convient de prendre soin que des objets reliés ou non à la terre et situés à proximité de l'appareillage et du circuit d'essai et de mesure, n'influencent les mesures.

L'appareillage doit être sec et propre et sa température doit être approximativement celle de la salle dans laquelle on effectue l'essai. Il ne doit pas être soumis à d'autres essais diélectriques dans les deux heures qui précèdent le présent essai.

Les connexions d'essai et leurs extrémités ne doivent pas provoquer de perturbations radioélectriques de valeurs supérieures à celles qui sont indiquées ci-dessous.

Le circuit de mesure (voir figure 3) doit être conforme à la CISPR 18-2. Le circuit de mesure doit être accordé de préférence pour une fréquence de 0,5 MHz à 10 % près, mais d'autres fréquences comprises entre 0,5 MHz et 2 MHz pourront être utilisées; la fréquence de mesure doit être notée. Les résultats doivent être exprimés en microvolts.

Si on utilise des impédances de mesure différentes de celles qui sont spécifiées dans les publications du CISPR, ces impédances ne doivent pas être supérieures à 600 Ω ni inférieures à 30 Ω ; dans tous les cas, le déphasage ne doit pas dépasser 20°. La tension équivalente de perturbation radioélectrique pour 300 Ω peut être calculée en supposant que la tension mesurée est directement proportionnelle à la résistance, sauf pour les objets essayés de grande capacité, pour lesquels une correction effectuée suivant cette méthode peut être imprécise. Par conséquent, on recommande d'utiliser une résistance de 300 Ω pour l'appareillage comportant des traversées munies de brides mises à la terre (par exemple disjoncteurs à cuve mise à la terre).

Le filtre F doit avoir une impédance élevée, à la fréquence de mesurage, de telle sorte que l'impédance entre le conducteur à haute tension et la terre ne soit pas shuntée de façon appréciable lorsqu'elle est vue de l'appareillage en essai. Ce filtre réduit également les courants de fréquence radioélectrique qui circulent dans le circuit d'essai et qui sont produits par le transformateur à haute tension ou recueillis à partir de sources étrangères au circuit. On a trouvé que la valeur appropriée de cette impédance était comprise entre 10 000 Ω et 20 000 Ω à la fréquence de mesure.

On doit s'assurer par des moyens convenables que le niveau de fond des perturbations (niveau de perturbation dû au champ extérieur et au transformateur haute tension lorsque son circuit magnétique est soumis à la pleine tension d'essai) est inférieur d'au moins 6 dB et de préférence 10 dB au niveau de perturbation spécifié pour l'appareillage à essayer. Les méthodes d'étalonnage des instruments de mesure et du circuit de mesure sont données, respectivement, dans la CISPR 16-1 et la CISPR 18-2.

Etant donné que le niveau de perturbation radioélectrique peut être affecté par des fibres ou des poussières qui se déposent sur les isolateurs, il est permis d'essuyer les isolateurs avec un chiffon propre avant d'effectuer une mesure. Les conditions atmosphériques pendant l'essai seront notées. On ne connaît pas les facteurs de correction à appliquer aux essais de perturbations radioélectriques, mais on sait que ces essais peuvent être sensibles à une humidité relative élevée et on peut douter de la valeur des résultats des essais si l'humidité relative est supérieur à 80 %.

La méthode d'essai suivante doit être suivie:

Une tension $1,1 U_r / \sqrt{3}$ doit être appliquée à l'appareillage et maintenue pendant au moins 5 min, U_r étant la tension assignée de l'appareillage. La tension doit alors être réduite par palier jusqu'à $0,3 U_r / \sqrt{3}$, puis augmentée de nouveau par paliers jusqu'à la valeur initiale et finalement réduite par paliers jusqu'à $0,3 U_r / \sqrt{3}$. A chaque palier, une mesure du niveau des perturbations radioélectriques doit être effectuée et les niveaux, tels qu'ils sont enregistrés pendant la dernière série de descente de tension, seront notés en fonction de la tension appliquée; la courbe ainsi obtenue est la caractéristique de perturbation radioélectrique de l'appareillage. L'amplitude des paliers de tension doit être approximativement égale à $0,1 U_r / \sqrt{3}$.

On doit considérer que l'appareillage a satisfait à l'essai si le niveau de perturbation radioélectrique à une tension de $1,1 U_r/\sqrt{3}$ ne dépasse pas 2 500 μ V.

6.4 Mesurage de la résistance du circuit principal

6.4.1 Circuit principal

Le mesurage de la résistance du circuit principal doit être effectué pour permettre la comparaison entre l'appareillage soumis à l'essai de type d'échauffement et tous les autres appareillages du même type soumis aux essais individuels (voir 7.3).

Le mesurage est effectué en courant continu en mesurant la chute de tension ou la résistance entre les bornes de chaque pôle. Une attention particulière doit être donnée à l'appareillage sous enveloppe (voir les normes correspondantes).

Au cours de l'essai, le courant doit avoir une valeur quelconque convenable, comprise entre 50 A et le courant assigné en service continu.

NOTE L'expérience montre que la seule augmentation de la résistance du circuit principal ne peut pas être considérée comme une évidence sûre de mauvais contacts ou de mauvaises connexions. Dans de tels cas, il convient de répéter l'essai avec un courant plus fort, aussi proche que possible du courant assigné en service continu.

Le mesurage de la chute de tension en courant continu ou de la résistance doit être effectué avant l'essai d'échauffement, l'appareillage se trouvant à la température de l'air ambiant, et après l'essai d'échauffement lorsque l'appareillage s'est refroidi jusqu'à une température égale à celle de l'air ambiant. Les résistances mesurées au cours de ces deux essais ne doivent pas différer de plus de 20 %.

La valeur mesurée de la chute de tension en courant continu, ou de la résistance, doit être indiquée dans le rapport d'essais de type, de même que les conditions générales au cours de l'essai (courant, température de l'air ambiant, points de mesure, etc.).

6.4.2 Circuits auxiliaires

6.4.2.1 Mesurage de la résistance des contacts auxiliaires de classes 1 et 2

Un échantillon de chaque type de contacts auxiliaires de classes 1 et 2 doit être inséré dans un circuit résistif traversé par un courant de 10 mA lorsqu'il est alimenté par une tension continue de 6 V en circuit ouvert avec une tolérance relative de $\frac{0}{-15}$ % et la résistance mesurée conformément à l'essai 2b de la CEI 60512-2.

La résistance des contacts auxiliaires de classes 1 et 2 en position fermée ne doit pas dépasser 50 Ω .

NOTE Les matériaux des contacts peuvent être soumis à une oxydation qui diminue leur conductivité. Il en résulte une augmentation de la résistance de contact, voire une absence de conduction en cas de tension très basse, ce phénomène disparaissant lorsque la tension est plus élevée. Cet essai a pour but de vérifier la performance des contacts dans ces conditions de tension faible. Le critère d'évaluation tient compte de la non-linéarité de la résistance. La valeur de 50 Ω résulte d'une étude statistique et a déjà été prise en compte par les utilisateurs.

6.4.2.2 Mesurage de la résistance des contacts auxiliaires de classe 3

Un échantillon des contacts auxiliaires de classe 3 doit être inséré dans un circuit résistif traversé par un courant inférieur ou égal à 10 mA lorsqu'il est alimenté par une tension continue inférieure ou égale à 30 mV en circuit ouvert et la résistance mesurée conformément à la CEI 61810-7.

La résistance des contacts auxiliaires de classe 3 en position fermée ne doit pas dépasser 1 Ω .

6.5 Essais d'échauffement

6.5.1 Etat de l'appareillage en essai

Sauf spécification contraire dans les publications particulières, l'essai d'échauffement des circuits principaux est effectué sur un appareil de connexion en position de fermeture, neuf et muni de contacts propres, et rempli de gaz approprié à la pression (ou masse volumique) minimale de fonctionnement avant l'essai.

6.5.2 Disposition de l'appareil

L'essai est effectué à l'intérieur, dans un environnement pratiquement exempt de courants d'air, exception faite de ceux provoqués par l'échauffement de l'appareil de connexion en essai. En pratique, cette condition est obtenue lorsque la vitesse de déplacement de l'air ne dépasse pas 0,5 m/s.

Pour les essais d'échauffement des parties autres que les équipements auxiliaires, l'appareillage et ses accessoires sont montés approximativement comme en service, en ce qui concerne les points importants, avec tous les capots normalement prévus pour les différentes parties de l'appareil de connexion, et sont protégés contre des échauffements ou des refroidissements externes anormaux.

Lorsque, selon les instructions du constructeur, l'appareillage peut être installé dans différentes positions, l'essai d'échauffement est effectué dans la position la plus défavorable.

Ces essais doivent être, en principe, effectués sur des appareils de connexion tripolaires, mais ils peuvent être effectués sur un seul pôle ou sur un seul élément si l'influence des autres pôles ou éléments est négligeable. C'est le cas général de l'appareillage nu. Pour les appareils de connexion tripolaires dont le courant assigné ne dépasse pas 630 A, les essais peuvent être effectués avec tous les pôles raccordés en série.

Pour l'appareillage, en particulier ceux de grandes dimensions, pour lesquels l'isolation à la terre n'a pas d'influence appréciable sur l'échauffement, cette isolation peut être sensiblement réduite.

Les connexions provisoires au circuit principal sont réalisées de telle sorte qu'aucune quantité appréciable de chaleur ne soit enlevée de l'appareil de connexion ni ne lui soit fournie pendant l'essai. L'échauffement est mesuré aux bornes du circuit principal et sur les connexions provisoires à une distance de 1 m des bornes. La différence d'échauffement ne doit pas dépasser 5 K. Le type et les dimensions des connexions provisoires doivent être indiqués dans le rapport d'essai.

NOTE 1 Afin de rendre l'essai d'échauffement plus reproductible, le type et/ou les dimensions des connexions provisoires peuvent être spécifiées dans des publications correspondantes.

Pour les appareils de connexion tripolaires, l'essai doit être effectué dans un circuit triphasé, à l'exception des cas mentionnés ci-dessus.

L'essai doit être effectué avec le courant assigné en service continu (I_r) de l'appareil de connexion. Le courant d'alimentation doit être pratiquement sinusoïdal.

A l'exception des équipements auxiliaires prévus pour le courant continu, l'appareillage doit être essayé à la fréquence assignée avec une tolérance de $\pm 2\%$. La fréquence d'essai doit être indiquée dans le rapport d'essai.

NOTE 2 On considère que les essais effectués à 50 Hz sur des appareils de connexion de type ouvert sans composants ferreux proches des parties conductrices, prouvent le bon fonctionnement de l'appareil de connexion à 60 Hz, pourvu que les valeurs d'échauffement enregistrées pendant les essais ne dépassent pas 95 % des valeurs maximales admissibles.

Lorsque les essais sont effectués à 60 Hz, il convient de les considérer comme valides pour le même courant à une fréquence assignée de 50 Hz.