

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

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

**Appareillage à basse tension –
Partie 3: Interrupteurs, sectionneurs, interrupteurs-sectionneurs et combinés-
fusibles**

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60947-3:2020



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2020 IEC, Geneva, Switzerland

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

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

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

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

About the IEC

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

About IEC publications

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

IEC publications search - webstore.iec.ch/advsearchform

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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

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

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

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary on electrotechnology, containing more than 22 000 terminological entries in English and French, with equivalent terms in 16 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

67 000 electrotechnical terminology entries in English and French extracted from the Terms and Definitions clause of IEC publications issued since 2002. Some entries have been collected from earlier publications of IEC TC 37, 77, 86 and CISPR.

A propos de l'IEC

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

A propos des publications IEC

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

Recherche de publications IEC -

webstore.iec.ch/advsearchform

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

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

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

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire d'électrotechnologie en ligne au monde, avec plus de 22 000 articles terminologiques en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 16 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

67 000 entrées terminologiques électrotechniques, en anglais et en français, extraites des articles Termes et Définitions des publications IEC parues depuis 2002. Plus certaines entrées antérieures extraites des publications des CE 37, 77, 86 et CISPR de l'IEC.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

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

**Appareillage à basse tension –
Partie 3: Interrupteurs, sectionneurs, interrupteurs-sectionneurs et combinés-
fusibles**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 29.120.40; 29.130.20

ISBN 978-2-8322-8153-6

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

CONTENTS

FOREWORD	7
INTRODUCTION	9
1 Scope	10
2 Normative references	11
3 Terms, definitions and index of terms	12
3.1 General	12
3.2 Alphabetical index of terms	12
3.3 General terms	13
4 Classification	15
4.1 According to the utilization category	15
4.2 According to the method of operation	15
4.2.1 Manually operated equipment	15
4.2.2 Remotely operated equipment	15
4.3 According to suitability for isolation	16
4.4 According to the degree of protection provided	16
4.5 Summary of symbols for equipment types	16
5 Characteristics	16
5.1 Summary of characteristics	16
5.2 Type of equipment	17
5.3 Rated and limiting values for the main circuit	17
5.3.1 General	17
5.3.2 Rated voltages	17
5.3.3 Currents	17
5.3.4 Rated frequency	17
5.3.5 Rated duty	18
5.3.6 Normal load and overload characteristics	18
5.3.7 Short-circuit characteristics	18
5.4 Utilization category	19
5.5 Control circuits	20
5.6 Auxiliary circuits	20
5.7 Relays and releases	20
5.8 Co-ordination with short-circuit protective devices (SCPD)	20
6 Product information	20
6.1 Nature of information	20
6.2 Marking	20
6.3 Instructions for installation, operation and maintenance, decommissioning and dismantling	22
7 Normal service, mounting and transport conditions	22
8 Constructional and performance requirements	22
8.1 Constructional requirements	22
8.1.1 General	22
8.2 Performance requirements	23
8.2.1 Operating conditions	23
8.2.2 Temperature-rise	24
8.2.3 Dielectric properties	24

8.2.4	Ability to make and break under no-load, normal load and overload conditions	24
8.2.5	Ability to make, break or withstand short-circuit currents	27
8.2.6	Void	27
8.2.7	Additional performance requirements for equipment suitable for isolation	27
8.2.8	Critical load current performance: DC equipment	27
8.2.9	Overload requirements for equipment incorporating fuses	27
8.3	Electromagnetic compatibility (EMC)	27
8.3.1	General	27
8.3.2	Immunity	27
8.3.3	Emission	28
9	Tests	29
9.1	Kinds of test	29
9.1.1	General	29
9.1.2	Type tests	29
9.1.3	Routine tests	29
9.1.4	Sampling tests	30
9.1.5	Special tests	30
9.2	Compliance with constructional requirements	30
9.2.1	General	30
9.3	Performance	31
9.3.1	General	31
9.3.2	Test sequences	31
9.3.3	General test conditions	32
9.3.4	Test sequence I: general performance characteristics	35
9.3.5	Test sequence II: operational performance capability	39
9.3.6	Test sequence III: short-circuit performance capability	41
9.3.7	Test sequence IV: conditional short-circuit current	45
9.3.8	Test sequence V: overload performance capability	48
9.3.9	Test sequence VI: critical load current performance of equipment with a DC rating	49
9.4	Electromagnetic compatibility tests	51
9.4.1	General	51
9.4.2	Immunity	52
9.4.3	Emission	52
9.5	Special tests	52
9.5.1	Mechanical and electrical durability	52
9.5.2	Mechanical durability	52
9.5.3	Electrical durability	52
9.5.4	Damp heat, salt mist, vibration and shock	53
Annex A (normative)	Equipment for direct switching of a single motor	54
A.1	General	54
A.2	Rated	54
A.2.1	Intermittent periodic duty or intermittent duty	54
A.2.2	Temporary duty	54
A.3	Making and breaking capacities	54
A.4	Utilization category	54
A.5	Operational performance	57

A.6	Mechanical durability	58
A.7	Electrical durability	58
A.8	Verification of making and breaking capacities	58
A.9	Operational performance test	58
A.10	Special tests	58
A.10.1	General	58
A.10.2	Mechanical durability test	59
A.10.3	Electrical durability test	59
A.11	Critical load current performance for DC equipment	60
Annex B (informative)	Items subject to agreement between manufacturer and user	61
Annex C (normative)	Single pole operated three-pole switches	62
C.1	General	62
C.2	Tests	63
C.3	Test set-up and sequence	63
C.3.1	Making and breaking capacities (9.3.4.4) and operational performance (9.3.5.2)	63
C.3.2	Fuse protected short-circuit test (9.3.7.3)	63
C.4	Condition of equipment after tests	63
C.5	Instructions for use	63
Annex D (normative)	Switches, disconnectors, switch-disconnectors and fuse-combination units for use in photovoltaic (PV) DC applications	64
D.1	General	64
D.1.1	Background	64
D.1.2	Object	64
D.2	Normative references	64
D.3	Terms and definitions	64
D.4	Classification	65
D.4.1	According to the utilization category	65
D.5	Characteristics	65
D.6	Product information	66
D.7	Normal service, mounting and transport conditions	66
D.8	Constructional and performance requirements	66
D.9	Tests	70
Annex E (normative)	Additional requirements for LV switchgear intended for connection of aluminium conductors	76
E.1	Object	76
E.2	Normative references	76
E.3	Terms, definitions and index of terms	76
E.4	Classification	77
E.5	Characteristics	77
E.6	Product information	77
E.6.1	Nature of information	77
E.6.2	Marking	77
E.6.3	Instructions for installation, operation and maintenance, decommissioning and dismantling	77
E.7	Normal service, mounting and transport conditions	78
E.8	Constructional and performance requirements	78
E.9	Tests	78
E.9.1	General	78

E.9.2	Current cycling test.....	79
E.9.3	Mechanical properties of terminals	84
E.9.4	Test for insertability of unprepared round aluminium conductors having the maximum cross-section	85
Annex F (informative)	Power loss.....	88
F.1	General.....	88
F.2	Test methods	88
F.2.1	General	88
F.2.2	General case for AC switches and/or disconnectors	88
F.2.3	General case for AC fused combination units and fuse disconnectors.....	88
F.2.4	Switches and/or disconnectors of rated current not exceeding 400 A.....	89
F.2.5	Fused combination units and fuse disconnectors of rated current not exceeding 400 A.....	89
F.3	Test procedure.....	90
Bibliography		93
Figure C.1	– Typical arrangements	62
Figure E.1	– General test arrangement	80
Figure E.2	– Mounting of terminals for the current cycling test.....	80
Figure F.1	– Example of power loss measurement according to F.2.2	90
Figure F.2	– Example of power loss measurement according to F.2.3	91
Figure F.3	– Example of power loss measurement according to F.2.4	91
Figure F.4	– Example of power loss measurement according to F.2.5	92
Table 1	– Summary of equipment definitions.....	16
Table 2	– Utilization categories	19
Table 3	– Product information	21
Table 4	– Verification of rated making and breaking capacities (see 9.3.4.4) – Conditions for making and breaking corresponding to the various utilization cycles	25
Table 5	– Verification of operational performance – Number of operating cycles corresponding to the rated operational current.....	26
Table 6	– Test circuit parameters for Table 5	26
Table 7	– Immunity tests	28
Table 8	– Emission limits	28
Table 9	– List of type tests applicable to a given equipment.....	31
Table 10	– Overall scheme of test sequences	32
Table 11	– Test sequence I: general performance characteristics	36
Table 12	– Temperature-rise limits for terminals and accessible parts.....	39
Table 13	– Test sequence II: operational performance capability	40
Table 14	– Test sequence III: short-circuit performance capability	42
Table 15	– Test sequence IV: conditional short-circuit current – circuit-breaker protected	46
Table 16	– Test sequence IV: conditional short-circuit current – fuse protected	47
Table 17	– Test sequence V: overload performance capability	49
Table 18	– Number of operating cycles corresponding to the critical load current.....	51
Table 19	– Test circuit parameters for Table 18	51

Table 20 – Test sequence VI: critical load current performance of equipment with a DC rating	51
Table A.1 – Utilization categories.....	55
Table A.2 – Rated making and breaking capacity conditions corresponding to several utilization categories	56
Table A.3 – Relationship between current broken I_C and off-time for the verification of the rated making and breaking capacities	57
Table A.4 – Operational performance – Conditions for making and breaking corresponding to several utilization categories	57
Table A.5 – Verification of the number of on-load operating cycles – Conditions for making and breaking corresponding to several utilization categories.....	60
Table D.1 – Utilization categories	65
Table D.2 – Service arrangements	66
Table D.3 – Environmental conditions	66
Table D.4 – Rated impulse withstand levels for PV switches, PV disconnectors, PV switch-disconnectors or PV fuse-combination units	67
Table D.5 – Verification of rated making and breaking capacities (see 9.3.4.4) – Conditions for making and breaking corresponding to the DC-PV category	68
Table D.6 – Number of operating cycles	69
Table D.7 – Test circuit parameters for Table D.6	69
Table D.8 – Overall scheme of test sequences	71
Table D.9 – Number of operating cycles corresponding to the critical load current	73
Table D.10 – Test circuit parameters for Table D.9	73
Table E.1 – List of tests for terminal connections with aluminium cables	78
Table E.2 – Conductor length for current cycling test as per conductor cross-section.....	81
Table E.3 – Equalizer dimensions.....	81
Table E.4 – Starting test current for the current cycling test.....	83
Table E.5 – Example of stability factor calculation	84
Table E.6 – Test values for flexion and pull-out test for cables.....	85
Table E.7 – Test aluminium cable for test currents up to 800 A	86
Table E.8 – Test aluminium bars for test currents above 150 A and up to 3 150 A	87

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

LOW-VOLTAGE SWITCHGEAR AND CONTROLGEAR –**Part 3: Switches, disconnectors, switch-disconnectors
and fuse-combination units**

FOREWORD

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

International Standard IEC 60947-3 has been prepared by subcommittee 121A: Low-voltage switchgear and controlgear, of IEC technical committee 121: Switchgear and controlgear and their assemblies for low voltage.

This fourth edition cancels and replaces the third edition published in 2008, Amendment 1:2012 and Amendment 2:2015. This edition constitutes a technical revision.

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

- addition of critical load current tests for DC switches (see 9.3.9);
- addition of requirements for a conditional short-circuit rating for disconnectors, switches, and switch-disconnectors protected by circuit-breakers (see 9.3.7.2);
- addition of new categories for high-efficiency motors switching (see Annex A);

- addition of new Annex E for connection to aluminium conductors;
- addition of new Annex F for power losses measurement.

The text of this International Standard is based on the following documents:

FDIS	Report on voting
121A/340/FDIS	121A/354/RVD

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

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

A list of all parts in the IEC 60947 series, published under the general title *Low-voltage switchgear and controlgear*, can be found on the IEC website.

This part is to be used in conjunction with the sixth edition of IEC 60947-1:2020. The numbering of the subclauses is sometimes not continuous because it is based on IEC 60947-1:2020.

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

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60947-3:2020

INTRODUCTION

The provisions of the general rules dealt with in IEC 60947-1 are applicable to this document, where specifically called for. Clauses and subclauses, tables, figures and annexes of the general rules thus applicable are identified by reference to the sixth edition of IEC 60947-1:2020, for example, 5.3.4.1 of IEC 60947-1:2020, Table 4 of IEC 60947-1:2020, or Annex A of IEC 60947-1:2020.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60947-3:2020

LOW-VOLTAGE SWITCHGEAR AND CONTROLGEAR –

Part 3: Switches, disconnectors, switch-disconnectors and fuse-combination units

1 Scope

This part of IEC 60947 applies to switches, disconnectors, switch-disconnectors and fuse-combination units and their dedicated accessories to be used in distribution circuits and motor circuits of which the rated voltage does not exceed 1 000 V AC or 1 500 V DC.

NOTE 1 Accessories are interconnecting units, extended terminals, internal coils, auxiliary contacts, motor operator, etc. offered as options with the basic unit.

This document does not apply to equipment coming within the scope of IEC 60947-2, IEC 60947-4-1 and IEC 60947-5-1.

Particular requirements for switches, disconnectors, switch-disconnectors and fuse-combination units for use in photovoltaic (PV) DC applications are given in Annex D.

Specific requirements for LV switchgear intended for the connections of aluminium conductors are given in Annex E.

Guidance on measurement of power loss is provided in Annex F.

This document does not include the additional requirements necessary for electrical apparatus for explosive gas atmospheres.

NOTE 2 Depending on its design, a switch (or disconnector) can be referred to as "a rotary switch (disconnector)", "cam-operated switch (disconnector)", "knife-switch (disconnector)", etc.

NOTE 3 In this document, the word "switch" also applies to the apparatus referred to in French as "commutateurs", intended to modify the connections between several circuits and *inter alia* to substitute a part of a circuit for another.

NOTE 4 In general, throughout this document, switches, disconnectors, switch-disconnectors and fuse-combination units will be referred to as "equipment".

The object of this document is to state:

- a) the characteristics of the equipment;
- b) the conditions that apply to the equipment with reference to:
 - 1) operation and behaviour in normal service;
 - 2) operation and behaviour in case of specified abnormal conditions, e.g. short-circuit;
 - 3) dielectric properties;
- c) the tests for confirming that these conditions have been met and the methods that are adopted for these tests;
- d) the information relevant to the marking of the equipment or made available by the manufacturer, e.g. in the catalogue.

Specific items requiring agreement between the user and the manufacturer are identified in Annex B.

2 Normative references

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

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

IEC 60034-12:2016, *Rotating electrical machines – Part 12: Starting performance of single-speed three-phase cage induction motors*

IEC 60034-30-1:2014, *Rotating electrical machines – Part 30-1: Efficiency classes of line operated AC motors (IE code)*

IEC 60228:2004, *Conductors of insulated cable*

IEC 60269 (all parts), *Low-voltage fuses*

IEC 60417, *Graphical symbols for use on equipment* (available at <http://www.graphical-symbols.info/equipment>)

IEC 60695-2-11:2014, *Fire hazard testing – Part 2-11: Glowing/hot-wire based test methods – Glow-wire flammability test method for end-products (GWEPT)*

IEC 60947-1:2020, *Low-voltage switchgear and controlgear – Part 1: General rules*

IEC 60947-5-1:2016, *Low-voltage switchgear and controlgear – Part 5-1: Control circuit devices and switching elements – Electromechanical control circuit devices*

IEC 61000-4-2:2008, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-2: Testing and measurement techniques – Electrostatic discharge immunity test*

IEC 61000-4-3:2006, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-3: Testing and measurement techniques – Radiated, radio-frequency, electromagnetic field immunity test*

IEC 61000-4-3:2006/AMD1:2007

IEC 61000-4-3:2006/AMD2:2010

IEC 61000-4-4:2012, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-4: Testing and measurement techniques – Electrical fast transient/burst immunity test*

IEC 61000-4-5:2014, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-5: Testing and measurement techniques – Surge immunity test*

IEC 61000-4-5:2014/AMD1:2017

IEC 61000-4-6:2013, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-6: Testing and measurement techniques – Immunity to conducted disturbances, induced by radio-frequency fields*

IEC 61545:1996, *Connecting devices – Devices for the connection of aluminium conductors in clamping units of any material and copper conductors in aluminium bodied clamping units*

IEC 62208:2011, *Empty enclosures for low-voltage switchgear and controlgear assemblies – General requirements*

IEC 62475:2010, *High-current test techniques – Definitions and requirements for test currents and measuring systems*

ISO 2859-1:1999, *Sampling procedures for inspection by attributes – Part 1: Sampling schemes indexed by acceptance quality limit (AQL) for lot-by-lot inspection*
ISO 2859-1:1999/AMD1:2011

CISPR 11:2015, *Industrial, scientific and medical equipment – Radio-frequency disturbance characteristics – Limits and methods of measurement*
CISPR 11:2015/AMD1:2016

CISPR 32:2015, *Electromagnetic compatibility of multimedia equipment – Emission requirements*

3 Terms, definitions and index of terms

3.1 General

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC 60050-441 and IEC 60947-1 and the following apply.

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

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

3.2 Alphabetical index of terms

References

D

Disconnecter.....	3.3.1
Disconnecter-fuse.....	3.3.5
Disconnecter-fuse single opening	3.3.5.1
Disconnecter-fuse double opening	3.3.5.2

F

Fuse-combination unit.....	3.3.2
Fuse-disconnector	3.3.6
Fuse-disconnector single opening	3.3.6.1
Fuse-disconnector double opening.....	3.3.6.2
Fuse-switch	3.3.4
Fuse-switch single opening.....	3.3.4.1
Fuse-switch double opening.....	3.3.4.2
Fuse-switch-disconnector	3.3.8
Fuse-switch-disconnector single opening.....	3.3.8.1
Fuse-switch-disconnector double opening.....	3.3.8.2

S

Semi-independent manual operation	3.3.10
Single pole operated three-pole device	3.3.9
Switch-disconnector-fuse	3.3.7
Switch-disconnector-fuse single opening	3.3.7.1
Switch-disconnector-fuse double opening	3.3.7.2
Switch-fuse	3.3.3
Switch-fuse single opening	3.3.3.1
Switch-fuse double opening	3.3.3.2

3.3 General terms

3.3.1

disconnecter

mechanical switching device which, in the open position, complies with the requirements specified for the isolating function

Note 1 to entry: A disconnector is capable of opening and closing a circuit when either a negligible current is broken or made, or when no significant change in the voltage across the terminals of each of the poles of the disconnector occurs. It is also capable of carrying currents under normal circuit conditions and carrying, for a specified time, currents under abnormal conditions such as those of short-circuit.

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-14-05, modified – Reference to isolating function instead of isolating distance.]

3.3.2

fuse-combination unit

combination of a mechanical switching device and one or more fuses in a composite unit, assembled by the manufacturer or in accordance with his instructions

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-14-04, modified – The note has been deleted.]

3.3.3

switch-fuse

switch in which one or more poles have a fuse in series in a composite unit

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-14-14]

3.3.3.1

switch-fuse single opening

switch-fuse which provides an interruption in the circuit on one side of the fuse-link only

Note 1 to entry: With this arrangement, safety precautions may be necessary when removing fuse-links.

3.3.3.2

switch-fuse double opening

switch-fuse which provides an interruption in the circuit on both sides of the fuse-link

Note 1 to entry: With this arrangement, safety precautions may be necessary when removing fuse-links.

3.3.4

fuse-switch

switch in which a fuse-link or a fuse-carrier with fuse-link forms the moving contact

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-14-17]

3.3.4.1

fuse-switch single opening

fuse-switch which provides an interruption in the circuit on one side of the fuse-link only

Note 1 to entry: With this arrangement, safety precautions may be necessary when removing fuse-links.

3.3.4.2

fuse-switch double opening

fuse-switch which provides an interruption in the circuit on both sides of the fuse-link

Note 1 to entry: With this arrangement, safety precautions may be necessary when removing fuse-links.

3.3.5

disconnecter-fuse

disconnecter in which one or more poles have a fuse in series in a composite unit

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-14-15]

3.3.5.1

disconnecter-fuse single opening

disconnecter-fuse which provides an opening in the circuit on at least one side of the fuse-link, that satisfies the requirements specified for the isolating function

Note 1 to entry: With this arrangement, safety precautions may be necessary when removing fuse-links.

3.3.5.2

disconnecter-fuse double opening

disconnecter-fuse which provides an opening in the circuit that satisfies the requirements specified for the isolating function on both sides of the fuse-link

3.3.6

fuse-disconnector

disconnecter in which a fuse-link or fuse-carrier with fuse-link forms the moving contact

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-14-18]

3.3.6.1

fuse-disconnector single opening

fuse-disconnector which provides an opening in the circuit on at least one side of the fuse-link that satisfies the requirements specified for the isolating function

Note 1 to entry: With this arrangement, safety precautions may be necessary when removing fuse-links.

3.3.6.2

fuse-disconnector double opening

fuse-disconnector which provides an opening in the circuit, that satisfies the requirements specified for the isolating function, on both sides of the fuse-link

3.3.7

switch-disconnector-fuse

switch-disconnector in which one or more poles have a fuse in series in a composite unit

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-14-16]

3.3.7.1

switch-disconnector-fuse single opening

switch-disconnector-fuse which provides an interruption in the circuit on at least one side of the fuse-link that satisfies the requirements specified for the isolating function

Note 1 to entry: With this arrangement, safety precautions may be necessary when removing fuse-links.

3.3.7.2

switch-disconnector-fuse double opening

switch-disconnector-fuse which provides an interruption in the circuit on both sides of the fuse-link that satisfies the requirements specified for the isolating function

3.3.8

fuse-switch-disconnector

switch-disconnector in which a fuse-link or a fuse-carrier with fuse-link forms the moving contact

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-14-19]

3.3.8.1

fuse-switch-disconnector single opening

fuse-switch-disconnector which provides an interruption in the circuit on at least one side of the fuse-link that satisfies the requirements specified for the isolating function

Note 1 to entry: With this arrangement, safety precautions may be necessary when removing fuse-links.

3.3.8.2

fuse-switch-disconnector double opening

fuse-switch-disconnector which provides an interruption in the circuit on both sides of the fuse-link that satisfies the requirements specified for the isolating function

3.3.9

single pole operated three-pole device

mechanical unit consisting of three individually operable single pole switches and/or disconnecting units according to this document, rated as a complete unit for use in a three-phase system

Note 1 to entry: These mechanical units are intended for power distribution systems where switching and/or isolation of an individual phase may be necessary and they should not be used for the switching of the primary circuit of three-phase equipment.

3.3.10

semi-independent manual operation

operation solely by means of directly applied manual energy such that the manual force is increased up to a threshold value beyond which the independent switching operation is achieved unless deliberately delayed by the operator

4 Classification

4.1 According to the utilization category

See 5.4.

4.2 According to the method of operation

4.2.1 Manually operated equipment

- dependent manual operation (see 3.6.12 of IEC 60947-1:2020);
- independent manual operation (see 3.6.15 of IEC 60947-1:2020);
- semi-independent manual operation (see 3.3.10).

4.2.2 Remotely operated equipment

Under consideration.

4.3 According to suitability for isolation

- suitable for isolation (see 8.1.7 of IEC 60947-1:2020);
- not suitable for isolation.

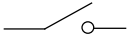
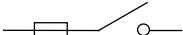
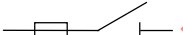
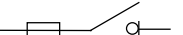
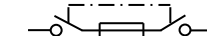
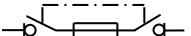
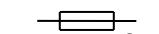
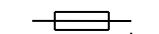
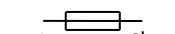
4.4 According to the degree of protection provided

See 8.1.12 of IEC 60947-1:2020.

4.5 Summary of symbols for equipment types

A summary of equipment definitions and relevant diagrams is given in Table 1.

Table 1 – Summary of equipment definitions

Functions		
Making and breaking current	Isolating	Making, breaking and isolating
Switch 	Disconnecter 	Switch-disconnector 
Fuse-combination units		
Switch-fuse single opening ^a 	Disconnecter-fuse single opening ^a 	Switch-disconnector-fuse single opening ^a 
Switch-fuse double opening ^b 	Disconnecter-fuse double opening 	Switch-disconnector-fuse double opening ^b 
Fuse-switch single opening ^a 	Fuse-disconnector single opening ^a 	Fuse-switch-disconnector single opening ^a 
Fuse-switch double opening ^b 	Fuse-disconnector double opening 	Fuse-switch-disconnector double opening ^b 
NOTE Equipment shown as single opening can comprise multiple openings in series.		
^a The fuse may be on either side of the contacts of the equipment. ^b Depending on the design, breaking may take place on one or both sides of the fuse-link.		

5 Characteristics

5.1 Summary of characteristics

The relevant characteristics from 3.10 of IEC 60947-1:2020 apply, with the following addition.

The characteristics of the equipment shall be stated in terms of the following as applicable:

- type of equipment (see 5.2);
- rated and limiting values for the main circuit (see 5.3);
- utilization category (see 5.4);
- control circuits (see 5.5);
- auxiliary circuits (see 5.6);

5.2 Type of equipment

The following information shall be stated.

- number of poles;
- kind of current (alternating current or direct current);
- in the case of alternating current, number of phases and rated frequency;
- number of positions of the main contacts (if more than two);
- breaking arrangement for fused devices (single opening or double opening).

5.3 Rated and limiting values for the main circuit

5.3.1 General

Rated values are assigned by the manufacturer. They shall be stated in accordance with 5.3.2 to 5.3.7.4 noting that some of the listed values may not apply.

5.3.2 Rated voltages

5.3.2.1 Rated operational voltage (U_e)

Subclause 5.3.1.1 of IEC 60947-1:2020 applies.

5.3.2.2 Rated insulation voltage (U_i)

Subclause 5.3.1.2 of IEC 60947-1:2020 applies.

5.3.2.3 Rated impulse withstand voltage (U_{imp})

Subclause 5.3.1.3 of IEC 60947-1:2020 applies.

5.3.3 Currents

5.3.3.1 General

An equipment is defined by the following currents.

5.3.3.2 Conventional free air thermal current (I_{th})

Subclause 5.3.2.1 of IEC 60947-1:2020 applies.

5.3.3.3 Conventional enclosed thermal current (I_{the})

Subclause 5.3.2.2 of IEC 60947-1:2020 applies.

5.3.3.4 Rated operational current (I_e) or rated operational power

Subclause 5.3.2.3 of IEC 60947-1:2020 applies.

5.3.3.5 Rated uninterrupted current (I_u)

Subclause 5.3.2.4 of IEC 60947-1:2020 applies.

5.3.4 Rated frequency

Subclause 5.3.3 of IEC 60947-1:2020 applies.

5.3.5 Rated duty

5.3.5.1 General

The rated duties considered as normal are as follows.

5.3.5.2 Eight-hour duty

Subclause 5.3.4.1 of IEC 60947-1:2020 applies.

5.3.5.3 Uninterrupted duty

Subclause 5.3.4.2 of IEC 60947-1:2020 applies.

5.3.6 Normal load and overload characteristics

5.3.6.1 Ability to withstand motor switching overload currents

See Annex A.

5.3.6.2 Rated making capacity

Subclause 5.3.5.2 of IEC 60947-1:2020 applies with the following additions.

The rated making capacity is stated by reference to the rated operational voltage and rated operational current and to the utilization category according to Table 4.

Not applicable to AC-20 or DC-20 equipment.

5.3.6.3 Rated breaking capacity

Subclause 5.3.5.3 of IEC 60947-1:2020 applies with the following additions.

The rated breaking capacity is stated by reference to the rated operational voltage and rated operational current and to the utilization category according to Table 4.

Not applicable to AC-20 or DC-20 equipment.

5.3.7 Short-circuit characteristics

5.3.7.1 Rated short-time withstand current (I_{cw})

The rated short-time withstand current of a switch, a disconnect or a switch-disconnector is the value of short-time withstand current, assigned by the manufacturer, that the equipment can carry without any damage under the test conditions of 9.3.6.2.

The value of the rated short-time withstand current shall be not less than twelve times the maximum rated operational current. The duration of the current shall be 1 s, unless otherwise stated by the manufacturer.

For alternating current, the value of the current I_{cw} is the RMS value of the AC component and it is assumed that the highest peak value likely to occur does not exceed n times this RMS value, the factor n being given by Table 16 of IEC 60947-1:2020.

5.3.7.2 Rated short-circuit making capacity (I_{cm})

Subclause 5.3.6.2 of IEC 60947-1:2020 applies with the addition of the following note.

NOTE I_{cm} is not applicable to fused devices.

5.3.7.3 Void

5.3.7.4 Rated conditional short-circuit current (I_q , alternatively I_{cc})

Subclause 5.3.6.4 of IEC 60947-1:2020 applies.

5.4 Utilization category

The utilization categories define the intended applications and are given in Table 2.

Each utilization category is characterized by the values of the currents and voltages, expressed as multiples of the rated operational current and the rated operational voltage, as well as the power-factors or time-constants of the circuit. The conditions for making and breaking given in Table 4 correspond in principle to the applications listed in Table 2.

The designation of utilization categories is completed by the suffix A or B according to whether the intended applications require frequent or infrequent operations (see Table 5).

Utilization categories with suffix B are appropriate for devices which, due to design or application, are only intended for infrequent operation. This could apply, for example, to disconnectors normally only operated to provide isolation for maintenance work or switching devices where the fuse-link blade forms the moving contact.

The distinction between frequent and infrequent operation is based on the manufacturer's rated operation and the number of operating cycles used as a test criterion in Table 5.

For a particular rated operational current I_e , a device will be designated for frequent use (category A) if the manufacturer's declared number of operating cycles is equal to or more than the number of operating cycles indicated in columns 3, 4 and 5 of Table 5.

Table 2 – Utilization categories

Nature of current	Utilization categories		Typical application
	Category A	Category B	
Alternating current	AC-20A ^a	AC-20B ^a	– Connecting and disconnecting under no-load conditions
	AC-21A	AC-21B	– Switching of resistive loads including moderate overloads
	AC-22A	AC-22B	– Switching of mixed resistive and inductive loads, including moderate overloads
	AC-23A	AC-23B	– Switching of motor loads or other highly inductive loads
	AC-23Ae	AC-23Be	– Switching of motor loads with higher locked rotor currents ^b
Direct current	DC-20A ^a	DC-20B ^a	– Connecting and disconnecting under no-load conditions
	DC-21A	DC-21B	– Switching of resistive loads including moderate overloads
	DC-22A	DC-22B	– Switching of mixed resistive and inductive loads, including moderate overloads (e.g. shunt motors)
	DC-23A	DC-23B	– Switching of highly inductive loads (e.g. series motors)
^a The use of these utilization categories is not permitted in the USA.			
^b Requirements given by asynchronous motors of design NE and HE, according to IEC 60034-12, having extended/higher locked rotor apparent power and current than design N and H respectively, to achieve a higher efficiency class according to the requirements of IEC 60034-30-1.			

Category AC-23 includes occasional switching of individual motors. The switching of capacitors or of tungsten filament lamps shall be subject to agreement between manufacturer and user.

The utilization categories referred to in Table 2 and Table 4 do not apply to an equipment normally used to start, accelerate and/or stop individual motors. The utilization categories for such equipment are dealt with in Annex A.

5.5 Control circuits

Subclause 5.5 of IEC 60947-1:2020 applies.

5.6 Auxiliary circuits

Subclause 5.6 of IEC 60947-1:2020 applies.

5.7 Relays and releases

Subclause 5.7 of IEC 60947-1:2020 applies.

5.8 Co-ordination with short-circuit protective devices (SCPD)

Subclause 5.8 of IEC 60947-1:2020 applies.

6 Product information

6.1 Nature of information

Subclause 6.1 of IEC 60947-1:2020 applies as appropriate for a particular design.

6.2 Marking

Product information shall be provided in a durable and legible manner as indicated in Table 3.

Table 3 – Product information

Item	Information	Marking location ^a
1	Indication of the open and close position. If symbols are used, the open position shall be indicated by graphical symbol IEC 60417-5008:2002-10 and the closed position by graphical symbol IEC 60417-5007:2002-10 (see 8.1.6.1 of IEC 60947-1:2020).	Visible
2	Suitability for isolation. The appropriate symbols of Table 1 shall be used.	Visible
3	Additional marking for disconnectors. Devices of utilization category AC-20A, AC-20B, DC-20A, DC-20B and DC-PV0 shall be marked "Do not operate under load" adjacent to these categories, unless the device has interlocking means to prevent such an operation.	Visible
4	Manufacturer's name or trade mark.	Marked
5	Type designation or catalogue reference.	Marked
6	Rated operational currents (or rated powers) with the corresponding rated operational voltage and utilization category (see 5.3.2, 5.3.3 and Clause 5 and/or D.5.4).	Marked
7	Value (or range) of the rated frequency or the indication "DC" (or the symbol  IEC 60417-5031:2002-10).	Marked
8	For fuse-combination units, the fuse type characteristics and maximum rated current and the maximum power loss of the fuse-link.	Marked ^b
9	IEC 60947-3, if the manufacturer claims compliance with this document.	Marked
10	Degree of protection of enclosed equipment (see Annex C of IEC 60947-1:2020).	Marked
11	Terminals shall be identified "load" and "line", unless the connection is immaterial (see 9.3.4.4.1).	Marked
12	Neutral pole terminal, if applicable, shall be identified by the letter "N" (see 8.1.8.4 of IEC 60947-1:2020).	Marked
13	Protective earth terminal shall be identified by the symbol  IEC 60417-5019:2006-08 (see 8.1.10.3 of IEC 60947-1:2020).	Marked
14	Rated insulation voltage.	Literature
15	Rated impulse withstand voltage for equipment suitable for isolation or when determined.	Literature
16	Pollution degree, if different from 3.	Literature
17	Rated duty (see 5.3.5 and Clause A.2).	Literature
18	Rated short-time withstand current and duration, where applicable.	Literature
19	Rated short-circuit making capacity, where applicable.	Literature
20	Rated conditional short-circuit current, where applicable.	Literature
21	Diagram and method of series connecting poles of mechanical switching devices for each operational rating, if applicable.	Literature
22	For switches in accordance with Annex D – appropriate connections to the PV generator and load, if applicable.	Literature
23	"+" and "-" polarities, if applicable.	Marked
24	For devices in accordance with Annex D – suitable for indoor or outdoor use.	Literature
^a The markings are to be as follows: Visible: visible from the front when the device is installed as in service in accordance with the manufacturer's instructions and the actuator is accessible and operable; Marked: marked on the product; Literature: in the manufacturer's literature. Information relating to auxiliaries shall be marked on the auxiliary or the product. If space is insufficient the data shall be given in the manufacturer's literature. ^b Shall be visible after the product is installed in accordance with the manufacturer's instructions but need not necessarily be visible from the front.		

6.3 Instructions for installation, operation and maintenance, decommissioning and dismantling

Subclause 6.3 of IEC 60947-1:2020 applies with the following addition.

When hazardous emissions including optical emissions are produced during switching operations, the recommendations as given in the manufacturer's instructions in respect of installation and/or the use of personal protective equipment (PPE) shall be observed.

7 Normal service, mounting and transport conditions

Clause 7 of IEC 60947-1:2020 applies with the replacement of the paragraph under the heading "Standard pollution degree of industrial applications:" in 7.1.3.2 "Pollution degree" with the following:

Unless otherwise stated by the manufacturer, the equipment is intended for installation under environmental conditions of pollution degree 3.

8 Constructional and performance requirements

8.1 Constructional requirements

8.1.1 General

Subclause 8.1 of IEC 60947-1:2020 applies, with the following additions.

Specific requirements for LV switchgear intended for the connections of aluminium conductors is given in Annex E.

When switches and fuse-combination units coming into the scope of this document are normally used to start, accelerate and/or stop an individual motor, they shall also comply with the additional requirements given in Annex A.

The requirements for single pole operated three-pole switches are included in Annex C.

Auxiliary switches fitted to equipment within the scope of this document shall comply with the requirements of IEC 60947-5-1.

8.1.2.2 Glow wire testing

Subclause 8.1.2.2 of IEC 60947-1:2020 applies with the following changes and additions.

Parts of insulating material necessary to retain current-carrying parts in position shall conform to the glow-wire tests of 9.2.2.1 of IEC 60947-1:2020 for test temperatures as follows:

- main current carrying parts: 960 °C.
- auxiliary current carrying parts: 850 °C.

The requirements of 8.1.2.2 of IEC 60947-1:2020 do not apply to parts with a mass lower than 2 g (insignificant mass as defined in 3.14 of IEC 60695-2-11:2014). For products containing a plurality of small parts, the total mass of non-tested parts located in close proximity to each other shall not exceed 10 g. Proximity shall be based on engineering judgment considering the risk of propagation of fire.

8.1.7 Additional requirements for equipment suitable for isolation

8.1.7.1 General

Subclause 8.1.7 of IEC 60947-1:2020 applies with the following additions.

8.1.7.2 Additional constructional requirements

The equipment shall be marked according to Table 3, item 2.

When no indication of the position of the contacts is provided, for example by the actuator or a separate indicator, all the main contacts shall be clearly visible in the open position.

The strength of the actuating mechanism and the reliability of the indication of the open position shall be checked according to 9.2.6. Moreover, when means are provided by the manufacturer to lock the equipment in the open position, locking shall only be possible when the main contacts are in the open position (see 9.2.6).

This requirement does not apply to equipment where the main contact position is visible in the open position and/or the open position is indicated by other means than the actuator.

NOTE Locking in the closed position can be required for particular applications.

The clearance across the open contacts of the same pole when in the open position shall not be less than the minimum clearance given in Table 13 of IEC 60947-1:2020 and shall also comply with the requirements of 8.2.3.2 item 1) b) of IEC 60947-1:2020.

8.1.9 Additional requirements for equipment provided with a neutral pole

Subclause 8.1.9 of IEC 60947-1:2020 applies except the fourth paragraph.

8.2 Performance requirements

8.2.1 Operating conditions

8.2.1.1 General

Subclause 8.2.1.1 of IEC 60947-1:2020 applies with the following additions.

The following requirements apply to fuse-switches, fuse-disconnectors and fuse-switch-disconnectors with a rated short-circuit making capacity exceeding 10 kA and for which the closing operation is by direct manual operation without an interposing mechanism (for dependent and semi-independent manual operation see 3.6.12 of IEC 60947-1:2020 and 3.3.10).

The test speed for the making operations specified in 9.3.7.3 shall be determined as follows.

- a) The equipment shall be operated 15 times manually under no-load conditions in accordance with the manufacturer's instructions, 5 times each, by three persons. The velocity of the hand actuator at the instant of contact closure of the last closing contact shall be determined by oscillographic or other appropriate means at any convenient part of the device.

The point at which the measurement is made and the velocity at the measurement point shall be stated in the test report. The mean velocity shall be determined after deleting the highest and lowest values.

- b) The test apparatus shall ensure that the equipment under test fully closes and that there is no impediment to the free closing movement of the device. The actual test speed shall not exceed the mean velocity determined according to a).

The mass of the moving parts of the test apparatus (without the equipment under test) shall be $2 \text{ kg} \pm 10 \%$.

8.2.1.2 Limits of operation of power operated equipment

Subclause 8.2.1.2 of IEC 60947-1:2020 applies.

8.2.1.3 Limits of operation of under-voltage relays and releases

Subclause 8.2.1.3 of IEC 60947-1:2020 applies.

8.2.1.4 Limits of operation of shunt releases

Subclause 8.2.1.4 of IEC 60947-1:2020 applies.

8.2.2 Temperature-rise

Subclause 8.2.2 of IEC 60947-1:2020 applies with the following addition.

For fuse-combination units, the temperature-rise of the fuse-link contacts during the test according to 9.3.4.2 shall not cause any damage of a nature which impairs the subsequent performance of the equipment in test sequence I.

8.2.3 Dielectric properties

8.2.3.1 General

Subclause 8.2.3 of IEC 60947-1:2020 applies with the following additions.

8.2.3.2 Impulse withstand voltage

Subclause 8.2.3.2 of IEC 60947-1:2020 applies with the following addition.

Clearances across the open contacts of a device not suitable for isolation shall withstand the test voltage given in Table 12 of IEC 60947-1:2020 appropriate to the rated impulse withstand voltage.

8.2.3.3 Power-frequency or DC withstand voltage of the main, auxiliary and control circuits

Subclause 8.2.3.3 c) of IEC 60947-1:2020 applies with the following addition.

For equipment suitable for isolation, maximum values of leakage current are specified for all the test sequences in 9.3.4.6, 9.3.5.4, 9.3.6.5, 9.3.7.5 and 9.3.8.4, respectively.

8.2.4 Ability to make and break under no-load, normal load and overload conditions

8.2.4.1 Making and breaking capacities

The rated making and breaking capacities are stated by reference to the rated operational voltage and rated operational current and to the utilization category according to Table 4.

The test conditions are specified in 9.3.4.4.1.

**Table 4 – Verification of rated making and breaking capacities (see 9.3.4.4) –
Conditions for making and breaking corresponding to the various utilization categories**

Utilization categories		Rated operational current	Making ^a			Breaking			Number of operating cycles ^c	
			I/I_e	U/U_e	$\cos \phi$	I_c/I_e	U_r/U_e	$\cos \phi$		
AC-20A ^b	AC-20B ^b	All values	–	–	–	–	–	–	5	
AC-21A	AC-21B	All values	1,5	1,05	0,95	1,5	1,05	0,95		
AC-22A	AC-22B	All values	3	1,05	0,65	3	1,05	0,65		5
AC-23A	AC-23B	$0 < I_e \leq 100 \text{ A}$	10	1,05	0,45	8	1,05	0,45		5
		$100 \text{ A} < I_e$	10	1,05	0,35	8	1,05	0,35		3 ^d
AC-23Ae	AC-23Be	$0 < I_e \leq 100 \text{ A}$	12 ^e	1,05	0,35	8,5	1,05	0,45	5	
		$100 \text{ A} < I_e$	12 ^e	1,05	0,25	8,5	1,05	0,35	3 ^d	
Utilization categories		Rated operational categories	I/I_e	U/U_e	L/R ms	I_c/I_e	U_r/U_e	L/R ms	Number of operating cycles	
DC-20A ^b	DC-20B ^b	All values	–	–	–	–	–	–	5	
DC-21A	DC-21B	All values	1,5	1,05	1	1,5	1,05	1		
DC-22A	DC-22B	All values	4	1,05	2,5	4	1,05	2,5		5
DC-23A	DC-23B	All values	4	1,05	15	4	1,05	15		5
Key										
I = making current										
I_c = breaking current										
I_e = rated operational current										
U = applied voltage										
U_e = rated operational voltage										
U_r = power frequency recovery voltage or DC recovery voltage										
L/R = time constant of test circuit										
^a For alternating current the making current is expressed by the RMS value of the periodic component of the current.										
^b The use of these utilization categories is not permitted in the USA.										
^c One switching operation without current between each making and breaking operation is allowed, providing it does not alter the time interval between the required operations as defined in 9.3.4.4.1.										
^d In order to cover both AC-21 and AC-22 categories, an increase in the number of operations for AC-23 and AC-23e from 3 to 5 is allowed with the agreement of the manufacturer.										
^e It is at the discretion of the manufacturer to choose any factor of I/I_e between 12 and 13 and the respective $\cos \phi$ given by the following formula:										
$I_e \leq 100 \text{ A}$: $\cos \phi = 0,1 \times I/I_e - 0,85$										
$I_e > 100 \text{ A}$: $\cos \phi = 0,1 \times I/I_e - 0,95$										

8.2.4.2 Operational performance

Tests concerning the verification of the operational performance of equipment are intended to verify that the equipment is capable of making and breaking without failure the currents flowing in its main circuit for the intended use.

The number of operating cycles and the test circuit parameters for the operational performance test for the various utilization categories are given in Table 5 and Table 6.

The test conditions are specified in 9.3.5.2.

**Table 5 – Verification of operational performance –
Number of operating cycles corresponding to the rated operational current**

1	2	3	4	5	6	7	8
Rated operational current I_e	Number of operating cycles per hour	Number of operating cycles					
		Alternating and direct current A categories			Alternating and direct current B categories		
		Without current	With current	Total	Without current	With current	Total
$0 < I_e \leq 100$	120	8 500	1 500	10 000	1 700	300	2 000
$100 < I_e \leq 315$	120	7 000	1 000	8 000	1 400	200	1 600
$315 < I_e \leq 630$	60	4 000	1 000	5 000	800	200	1 000
$630 < I_e \leq 2 500$	20	2 500	500	3 000	500	100	600
$2 500 < I_e$	10	1 500	500	2 000	300	100	400

The values in the table apply to all utilization categories except AC-20A, AC-20B, DC-20A and DC-20B. These categories shall comply with the total number of operating cycles in columns 5 or 8 without current. Column 2 gives the minimum operating rate. The operating rate for any utilization category may be increased with the consent of the manufacturer.

Table 6 – Test circuit parameters for Table 5

Utilization categories		Values of the rated operational current I_e	Making ^a			Breaking		
			I/I_e	U/U_e	$\cos \phi$	I_c/I_e	U_r/U_e	$\cos \phi$
AC-21A	AC-21B	All values	1	1	0,95	1	1	0,95
AC-22A	AC-22B	All values	1	1	0,8	1	1	0,8
AC-23A	AC-23B	All values	1	1	0,65	1	1	0,65
AC-23Ae	AC-23Be	All values	1	1	0,65	1	1	0,65
			I/I_e	U/U_e	L/R ms	I_c/I_e	U_r/U_e	L/R ms
DC-21A	DC-21B	All values	1	1	1	1	1	1
DC-22A	DC-22B	All values	1	1	2	1	1	2
DC-23A	DC-23B	All values	1	1	7,5	1	1	7,5

Key

I = making current
 I_c = breaking current
 I_e = rated operational current
 U = voltage before make (applied voltage)
 U_e = rated operational voltage
 U_r = power frequency recovery voltage or DC recovery voltage
 L/R = time constant of test circuit

^a For alternating current, the making current is expressed by the RMS value of the periodic component of the current.

8.2.4.3 Mechanical durability

Subclause 8.2.4.3.1 of IEC 60947-1:2020 applies. Test conditions are specified in 9.5.2.

8.2.4.4 Electrical durability

Subclause 8.2.4.3.2 of IEC 60947-1:2020 applies. Test conditions are specified in 9.5.3.

8.2.5 Ability to make, break or withstand short-circuit currents

The equipment shall be so constructed as to be capable of withstanding, under the conditions specified in this document, the thermal, dynamic and electrical stresses resulting from short-circuit currents.

Short-circuit currents may be encountered during current making, current carrying in the closed position and current interruption.

The ability of the equipment to make, carry and break short-circuit currents is stated in terms of one or more of the following ratings (see also Table 9):

- a) rated short-time withstand current (see 5.3.7.1);
- b) rated short-circuit making capacity (see 5.3.7.2);
- c) rated conditional short-circuit current (see 5.3.7.4).

8.2.6 Void

8.2.7 Additional performance requirements for equipment suitable for isolation

These requirements only apply to equipment with rated operational voltage greater than 50 V.

With the equipment in new condition and the contacts in the open position the equipment shall withstand the dielectric test of 9.3.4.3.

If tests according to 9.3.4.4 and 9.3.5.2 have been made, the equipment in the condition after the tests shall meet the leakage current requirements of 9.3.4.6.

8.2.8 Critical load current performance: DC equipment

The main circuits of equipment shall be capable of making and breaking its critical load current according to 9.3.9.3 and as verified by test sequence VI.

8.2.9 Overload requirements for equipment incorporating fuses

The main circuit of an equipment shall be capable of carrying an overload current according to 9.3.8.2 and shall not cause any damage of a nature which impairs the subsequent performance of the equipment in test sequence V.

8.3 Electromagnetic compatibility (EMC)

8.3.1 General

Subclause 8.3.1 of IEC 60947-1:2020 applies.

8.3.2 Immunity

8.3.2.1 General

Subclause 8.3.2 of IEC 60947-1:2020 applies with the following change and addition.

8.3.2.2 Equipment incorporating electronic circuits

Equipment incorporating electronic circuits (for example fuse-blowing indicator) shall have satisfactory immunity to electromagnetic disturbances (see 9.4.2.1).

For the appropriate tests to verify the compliance with these requirements, see 9.4 of IEC 60947-1:2020. Table 7 below provides the specific immunity performance criteria to be considered.

Table 7 – Immunity tests ^a

Types of test or test description ^a	Basic standard	Test level required	Acceptance criteria (as defined in Table 24 of IEC 60947-1:2020)
Electrostatic discharges	IEC 61000-4-2	Test level in accordance with Table 23 of IEC 60947-1:2020	B
Radiated radio-frequency electromagnetic field	IEC 61000-4-3		A
Electrical fast transient/burst	IEC 61000-4-4		B
Surge	IEC 61000-4-5		B
Conducted disturbances induced by radio-frequency	IEC 61000-4-6		A
^a A simple rectifier is not sensitive to electromagnetic disturbances in normal service conditions and does not therefore require immunity tests.			

8.3.3 Emission

8.3.3.1 Equipment not incorporating electronic circuits

Subclause 8.3.3 of IEC 60947-1:2020 applies.

8.3.3.2 Equipment incorporating electronic circuits

Equipment incorporating electronic circuits (e.g. an electronic fuse-blowing indicator) may generate continuous electromagnetic disturbances.

Emission shall fulfil the requirements of class A, group 1 of CISPR 11 or those of class A of CISPR 32 (see 9.4.3.2). See Table 8.

Table 8 – Emission limits

Ports	Frequency ranges MHz	Limits ^d	Standards
Enclosure ^b	30 to 230 ^a	30 dB (µV/m) quasi peak measured at 30 m distance ^c	CISPR 11
	230 to 1 000 ^a	37 dB (µV/m) quasi peak measured at 30 m distance ^c	Class A – Group 1
AC power	0,15 to 0,5 ^a	79 dB (µV) quasi peak 66 dB (µV) average	or
	0,5 to 5 ^a	73 dB (µV) quasi peak 60 dB (µV) average	CISPR 32
	5 to 30 ^a	73 dB (µV) quasi peak 60 dB (µV) average	Class A
^a The lower limit should apply at the transition frequency. ^b Applicable only to mechanical switching devices containing parts which operate at frequencies higher than 9 kHz, e.g. microprocessors. ^c May also be measured at a 10 m distance using the limits increased by 10 dB, or at a 3 m distance using the limits increased by 20 dB. ^d These limits have been copied, without alteration, from CISPR 11 and CISPR 32. They are also in accordance with IEC 60947-1:2020.			

These limits are given for mechanical switching devices which are used exclusively in an industrial environment. When there exists a likelihood of use outside the industrial environment, the following notice shall be included in the manufacturer's published information.

WARNING

This product has been designed for environment A.
Use of this product in environment B may cause unwanted electromagnetic disturbances in which case the user may be required to take adequate mitigation measures.

9 Tests

9.1 Kinds of test

9.1.1 General

Subclause 9.1.1 of IEC 60947-1:2020 applies.

9.1.2 Type tests

Subclause 9.1.2 of IEC 60947-1:2020 applies. Type tests are given in Table 9.

9.1.3 Routine tests

9.1.3.1 General

Subclause 9.1.3 of IEC 60947-1:2020 applies with the following additions.

The following tests apply:

- mechanical operation test (see 9.1.3.2)
operation of the switch, disconnecter, switch-disconnector or fuse-combination unit during manufacture and/or other routine test may take the place of the tests listed above, provided the same conditions apply and the number of operations is not less than that specified;
- dielectric test (see 9.1.3.3)
if, by the control of materials and manufacturing processes, the integrity of the dielectric properties has been proven, these tests may be replaced by sampling tests according to a recognized sampling plan (see ISO 2859-1).

9.1.3.2 Mechanical operation test

A test shall be made to verify the correct mechanical operation of the equipment by five closing and opening operations.

9.1.3.3 Dielectric test

The test conditions shall be in accordance with 9.3.3.4.2 of IEC 60947-1:2020. As an alternative, the combined test according to 9.3.3.4.2, item 3), of IEC 60947-1:2020 is allowed. The value of the test voltage shall be in accordance with that given in Table 19 of IEC 60947-1:2020. The duration of the test shall not be less than 1 s and the test voltage shall be applied as follows:

- with the equipment in the open position, between each pair of terminals which are electrically connected together when the equipment is closed;

- with the equipment in the closed position, between each pole and the adjacent pole(s) and between each pole and the frame;
- for equipment incorporating electronic circuits connected to the main poles, with the equipment in the open position, between each pole and the adjacent pole(s) and between each pole and the frame, either on the incoming side or the outgoing side depending on the position of the electronic components.

Alternatively, disconnection of the electronic circuit(s) is permitted during dielectric tests.

9.1.4 Sampling tests

Sampling tests for verification of clearances shall be made according to 9.3.3.4.3 of IEC 60947-1:2020 in accordance with a recognized sampling plan (see ISO 2859-1).

9.1.5 Special tests

Special tests (see 3.8.4 of IEC 60947-1:2020) are specified in 9.5.

9.2 Compliance with constructional requirements

9.2.1 General

Subclause 9.2 of IEC 60947-1:2020 applies with the following additions.

9.2.5 Mechanical and electrical properties of terminals

Subclause 9.2.5 of IEC 60947-1:2020 applies with the following addition.

Where equipment is designed to be provided with different designs of terminals, the tests shall be conducted on every design.

9.2.6 Verification of the effectiveness of indication of the main contact position of equipment suitable for isolation

9.2.6.1 General

Subclause 9.2.6 of IEC 60947-1:2020 applies with the following additions.

9.2.6.2 Condition of equipment for tests

The test of the actuator mechanism and position indicating device shall be conducted as part of test sequence I (see 9.3.4 and Table 11).

If different types of actuators exist, either additional or integral, only one design shall be tested during sequence I. Moreover, the sample representative of the more critical case shall be tested according to 9.3.4.8.

Table 9 – List of type tests applicable to a given equipment

Tests	Switch	Fuse-switch	Switch-fuse	Disconnector	Disconnector-fuse	Fuse-disconnector	Switch-disconnector	Switch-disconnector-fuse	Fuse-switch-disconnector
Temperature-rise ^a	o	o	o	o	o	o	o	o	o
Temperature-rise verification	o	o	o	o	o	o	o	o	o
Dielectric properties	o	o	o	o	o	o	o	o	o
Dielectric verification	o	o	o	o	o	o	o	o	o
Leakage current	–	–	–	o	o	o	o	o	o
Rated making and breaking capacities (overload)	o	o	o	–	–	–	o	o	o
Operational performance	o	o	o	o	o	o	o	o	o
Rated short-time withstand current	o	–	–	o	–	–	o	–	–
Rated short-circuit making capacity	o	–	–	–	–	–	o	–	–
Rated conditional short-circuit current	o	o	o	o	o	o	o	o	o
Strength of actuator mechanism	–	–	–	o	o	o	o	o	o
Overload test	–	o	o	–	o	o	–	o	o
Critical load current test (DC equipment)	o	o	o	–	–	–	o	o	o
Key o = test – = no test required NOTE This list of type tests is for information only, see also footnote ^a in Table 14, Table 15 and Table 16.									
^a Applies to 9.3.3.4 only.									

9.3 Performance

9.3.1 General

Performance type tests to which equipment may be submitted according to its kind are listed in Table 9.

9.3.2 Test sequences

Type tests are grouped together in a number of sequences as shown in Table 10.

For each sequence, tests shall be made in the order listed in accordance with the requirements of the appropriate subclause, apart from the temperature-rise test (simplified testing only) and dielectric properties test of test sequence I, which may be conducted on a separate sample.

Table 10 – Overall scheme of test sequences

Sequences	Tests
Test Sequence I: General performance characteristics (see 9.3.4 and Table 11)	Temperature-rise ^{e f} Dielectric properties ^e Making and breaking capacities ^a Dielectric verification ^a Leakage current ^b Temperature-rise verification Strength of actuator mechanism
Test Sequence II: Operational performance capability (see 9.3.5 and Table 13)	Operational performance Dielectric verification Leakage current ^b Temperature-rise verification
Test Sequence III: Short-circuit performance capability ^c (see 9.3.6 and Table 14)	Short-time withstand current Short-circuit making capacity ^a Dielectric verification Leakage current ^b Temperature-rise verification
Test Sequence IV: Conditional short-circuit current ^c (see 9.3.7, Table 15 and Table 16)	Short-circuit withstand Short-circuit making ^a Dielectric verification Leakage current ^b Temperature-rise verification
Test Sequence V: Overload performance capability ^d (see 9.3.8 and Table 17)	Overload test Dielectric verification Leakage current ^b Temperature-rise verification
Test Sequence VI: Critical load current (DC) performance (see 9.3.9 and Table 20)	Critical load current test Dielectric verification Leakage current ^b Temperature-rise verification
^a Not applicable to AC-20 or DC-20 equipment. See 5.3.6.2 and 5.3.6.3. ^b Only required for equipment suitable for isolation of rated voltage greater than 50 V. ^c Either test sequence III or test sequence IV to be made according to the ratings stated by the manufacturer. ^d Not required for switches, disconnectors and switch-disconnectors. ^e May be conducted outside of the sequence, see 9.3.2. ^f Applies to 9.3.3.4 only.	

9.3.3 General test conditions

9.3.3.1 General requirements

Subclause 9.3.2.1 of IEC 60947-1:2020 applies to all type tests as applicable. The equipment at the start of any test sequence shall be in new and clean condition.

The force applied for any opening operation shall not be greater than the test force determined in 9.2.6.2 of IEC 60947-1:2020 and shall be applied in the same manner without shock.

Where doubt exists as to the correct opening operation, no more than three attempts to operate the equipment to the open position are allowed.

In order to reduce multiple testing for the same fundamental design of equipment, the following test requirements may be used.

9.3.3.2 Simplified test for equipment having the same fundamental design

When submitting simultaneously a range of switches, disconnectors, switch-disconnectors or fuse combination units of the same fundamental design, the following variations are permitted provided the equipment complies in all other respects.

9.3.3.3 Requirements for equipment having the same fundamental design

Switches, disconnectors, switch-disconnectors or fuse combination units shall be evaluated with respect to the following criteria during the determination of acceptance as the same fundamental design:

- a) the material, finish and dimensions of the current-carrying parts are identical, except for variation in design of terminals and means of fuse attachment;
- b) the contact size, material, configuration and method of attachment are identical;
- c) the operating mechanism is of the same fundamental design, materials and physical characteristics are identical;
- d) the closing and opening speeds of contacts are substantially the same;
- e) moulding and insulating materials are identical;
- f) method, materials and construction of any arc extinction device are identical.

The following variations are also permitted, provided the simplified test procedure given in 9.3.3.4 is used:

- g) utilization category and operational voltage;
- h) application for 50 Hz or 60 Hz;
- i) three or four pole equipment (switched or non-switched neutral), provided the requirements of 8.1.9 are applicable;
- j) design of terminal provided that clearances and creepage distance are not reduced (see 9.2.5 and 9.3.4.3 of this document and also see 8.1.4 of IEC 60947-1:2020);
- k) different types of actuators, either additional or integral, provided the requirements for strength of actuator are verified (see 9.2.6) on each type of actuator, one of which during test sequence I;
- l) fuse-base contacts of switch-fuses, disconnector-fuses and switch-disconnector-fuses with different types of fuse-links (fuse-link removed only under no-load conditions).

9.3.3.4 Simplified test procedure

The following simplified test procedure shall be used.

- a) If equipment having the same fundamental design is marked claiming more than one utilization category and/or more than one operational voltage, the number of test samples may be reduced, providing the tests are conducted under the most severe conditions.

For short-circuit, making and breaking, and operational performance tests, the conditions are deemed more severe if the following conditions are simultaneously fulfilled:

- operational rated voltage equal or higher;
- test current equal or higher;
- power factor equal or lower;
- number of operations equal or higher.

- b) Tests performed at 50 Hz are deemed to cover 60 Hz applications and vice versa with the following exceptions:

- temperature-rise test according to 9.3.4.2 for devices having a current greater than 800 A;

NOTE By agreement between manufacturer and user, tests at 50 Hz can be accepted for operation at 60 Hz and vice versa for currents greater than 800 A.

- temperature-rise and operational performance of relays and releases (see 8.2.2 and 8.2.2.7 of IEC 60947-1:2020). Temperature-rise tests of coils shall be performed for each frequency, but only one included in the relevant test sequence, and if separate supplying of coils and other circuits is possible, it is accepted that other circuits remain supplied at 50 Hz.

- c) Tests performed on three pole devices are deemed to cover also four pole devices with a non-switched neutral pole, provided a single-phase test on the neutral pole is performed according to 9.3.3.3.4 of IEC 60947-1:2020.

Tests performed on four switched pole devices are deemed to cover also three switched pole devices provided that all poles are identical and the closing and opening speeds of contacts are substantially the same (only the requirements of 8.1.9 are applicable concerning closing and opening of the neutral pole). However, the four switched pole devices shall always be connected in a three-phase arrangement (see Figure 11 of IEC 60947-1:2020).

- d) Tests performed with different types of fuse-base contacts.

Where switch-fuses, disconnecter-fuses or switch-disconnector-fuses are designed to be provided with different types of fuse-base contacts, temperature-rise tests according to 9.3.4.2 shall be conducted on each type at the corresponding highest fuse rated current.

The type having the maximum temperature-rise among those of the maximum test current shall be used for tests to sequences I, II and V.

Sequence IV shall be conducted on each type of fuse-base contacts whose fuse connecting means are other than bolted connection, at the highest rated conditional short-circuit corresponding current, and, if different, with the type of fuse having the maximum let-through energy at the highest test voltage.

- e) Tests performed with different terminal designs.

Where equipment is designed to be provided with different designs of terminal, the requirements and tests according to 9.3.4.2 of this document and 9.2.5 of IEC 60947-1:2020 shall be conducted on each design. These tests can be performed on separate samples.

Where equipment has terminals to be used on plug-on busbars, a test according to 9.3.4.2 shall be carried out. In addition, a test in accordance with 9.3.6.2 or 9.3.7.3.1 a) or 9.3.7.2.1 a), as applicable, shall be performed. Verification of the plugging operation shall be made. The number of operating cycles shall be 50, the cycle being from the connected position to the disconnected position and back to the connected position. The plugging operation test can be performed on a separate sample.

The test is considered to be satisfactory if the equipment remains mechanically operable.

- f) When conducting the tests according to 9.3.3.4, items d) and e) the temperature-rise at terminals and accessible parts can be measured. If the temperature-rise limits of accessible parts comply with Table 3 of IEC 60947-1:2020, no further tests of these parts according to 9.3.4.7 are necessary.

Since the intention of the tests according to 9.3.3.4, items d) and e), is to establish the worst case, the values of Table 2 of IEC 60947-1:2020 do not apply.

9.3.3.5 Test quantities

Subclause 9.3.2.2 of IEC 60947-1:2020 applies.

9.3.3.6 DC test current ripple

The DC test current ripple shall comply with the requirements of 6.3.1 of IEC 62475:2010.

9.3.3.7 Evaluation of test results

The behaviour of the equipment during the tests and its condition after the tests are specified in the appropriate test clause.

9.3.3.8 Test reports

Subclause 9.3.2.4 of IEC 60947-1:2020 applies.

9.3.4 Test sequence I: general performance characteristics

9.3.4.1 General

This test sequence applies to the types of equipment listed in Table 11 and comprises the tests according to this table.

9.3.4.2 Temperature-rise

Subclause 9.3.3.3 of IEC 60947-1:2020 applies with the following additions.

Aluminium test conductors equivalent to the copper conductors given in IEC 60947-1 are given in Annex E of this document.

As a minimum, the test shall be carried out at the rated operational current I_e . At the manufacturer's discretion, when I_{th} and/or I_{the} are higher than I_e , the higher value may be used. In the case of an AC-20 or DC-20 rating, the temperature-rise test shall be carried out at I_{th} , or I_{the} if the device is in a specified enclosure. Fuse-combination units shall be fitted with fuse-links having a rated current equal to the conventional thermal current of the combination unit.

The fuse-link shall have a power loss not exceeding the maximum value specified by the equipment manufacturer. The test may be made with a "dummy" fuse-link of essentially similar design to the standardized fuse-link and having the specified power loss.

In the case of tests carried out on a fuse-switch, a fuse-disconnector or a fuse-switch-disconnector where the blades of the fuse-links are part of the make-breaking contacts, fuse-links shall be used.

NOTE For a fuse-switch or a fuse-switch-disconnector where the blades of the fuse-links are part of the make-breaking contacts, dummies or copper links cannot replace the fuse-links due to the fact that the blades of the fuse-links in these devices wear. The wear of the fuse-blades influences the thermal verification according to 9.3.4.7.

Details of the fuse-links used for the test, i.e. the manufacturer's name and reference, the rated current, the power loss of the fuse-link, and the breaking capacity, shall be given in the test report. The type test with the specified fuse-links shall be deemed to cover the use of any other fuse-link having a power loss, at the conventional thermal current of the combination unit, not exceeding the power loss of the fuse-link used for the test.

Table 11 – Test sequence I: general performance characteristics

			Types of equipment and order of tests					
Tests	Sub-clause No.	Samples	Switch	Fuse-switch and switch-fuse	Disconnector	Disconnector-fuse and fuse-disconnector	Switch-disconnector	Switch-disconnector-fuse and fuse-switch-disconnector
Temperature-rise ^{d, e}	9.3.4.2	A, B, C, F	1	1	1	1	1	1
Dielectric properties ^d	9.3.4.3	A, C, F	2	2	2	2	2	2
Making and breaking capacities	9.3.4.4	A, D	3	3	a	a	3	3
Dielectric verification	9.3.4.5	A, D	4	4	a	a	4	4
Leakage current ^b	9.3.4.6	A, D	-	-	3	3	5	5
Temperature-rise verification	9.3.4.7	A, D	5	5	4	4	6	6
Strength of actuator mechanism	9.3.4.8	A, E	-	-	5	5	7	7

^a This test is not required for disconnectors (AC-20 or DC-20). See 5.3.6.2 and 5.3.6.3.

^b Test required only for U_e greater than 50 V.

^c Only tests marked by the same letter shall be applied in sequence to a given sample: "A" is a sample from each fundamental design, chosen from the highest rated current I_e , and if applicable, having the maximum temperature-rise according to 9.3.3.4, item d).

Other samples if applicable:

"B" is a different sample for 60 Hz test, if applicable, according to 9.3.3.4, item b);

"C" are samples of each other terminal design tested at correspondent maximum rated current;

"D" are samples to verify as many combinations of U_e , I_e , AC or DC voltage ratings, to be tested (see 9.3.3.4);

"E" is the extra sample as specified in 9.2.6.2 and can be one of the samples B, C or D;

"F" are samples of every type of fuse-carrier of fuse-combination unit according to 9.3.3.4, item d).

^d May be conducted outside of the sequence, see 9.3.2.

^e Applies only to 9.3.3.4.

9.3.4.3 Test of dielectric properties

9.3.4.3.1 General

Subclause 9.3.3.4.1, items 1), 2), 3), 7) and, if applicable, 8) of IEC 60947-1:2020 applies with the following addition.

When, in agreement with the manufacturer, devices are disconnected for the test according to 9.3.3.4.1, item 3) c) of IEC 60947-1:2020, the test report shall state which devices were disconnected for the test. For equipment suitable for isolation (see 4.3) having an operational voltage U_e greater than 50 V, the leakage current shall be measured through each pole with the contacts in the open position, at a test voltage of 1,1 U_e and shall not exceed 0,5 mA.

9.3.4.4 Making and breaking capacities

9.3.4.4.1 General test conditions

Subclause 9.3.3.5 of IEC 60947-1:2020 applies to equipment provided with a neutral pole.

The test values are stated in 8.2.4.1, Table 4, according to the utilization category.

The stated number of make-break operating cycles shall be made with a time interval between close-open cycles of $30 \text{ s} \pm 10 \text{ s}$ except that for equipment of conventional thermal current of 400 A or more, the time interval may be increased by agreement between manufacturer and user and the interval shall be stated in the test report.

During each make-break operating cycle, equipment need only stay in the closed position for a period long enough to allow the switching operation to be completed and to enable the current value to be established and the moving parts of the equipment to come to rest. After each operating cycle, the recovery voltage shall be maintained for at least 0,05 s.

For convenience of testing, equipment of utilization categories AC-23A, AC-23Ae, AC-23B and AC-23Be, make-break operating cycles may be replaced, with the agreement of the manufacturer, by the stated number of make cycles followed by the same number of break cycles.

For alternating current, the power-factor of the test circuit shall be determined in accordance with 9.3.4.1.3 of IEC 60947-1:2020. The values shall be in accordance with Table 4.

For direct current, the time-constant of the test circuit shall be determined in accordance with 9.3.4.1.4 of IEC 60947-1:2020. The values shall be in accordance with Table 4.

The test voltage and the load shall be applied to the appropriate terminals of the equipment. For equipment in which a moving contact remains connected to one of the terminals when the equipment is in the open position, this test shall be repeated with the supply and load connections interchanged, unless the terminals are specifically and clearly marked for load and supply.

In the case of tests carried out on a fuse-switch or a fuse-switch-disconnector where the blades of the fuse-links are part of the make-breaking contacts, fuse-links shall be used.

NOTE For a fuse-switch or a fuse-switch-disconnector where the blades of the fuse-links are part of the make-breaking contacts, dummies or copper links cannot replace the fuse-links due to the fact that the blades of the fuse-links in these devices wear. The wear of the fuse-blades influences the thermal verification according to 9.3.4.7.

Details of the fuse-links used for the test, i.e. the manufacturer's name and reference, the rated current, the power loss of the fuse-link and the breaking capacity, shall be given in the test report.

In the case of tests carried out on a switch-fuse or a switch-disconnector-fuse, fuse-links may be replaced by suitable copper links of dimensions and mass electrically equivalent to those of the fuse-links recommended by the manufacturer. If the test is carried out with fuse-links, at the manufacturer's discretion, the fuse-link may be changed after each operation. If the fuse-link is changed, the time between operations shall be noted in the report.

9.3.4.4.2 Test circuit

Subclause 9.3.3.5.2 of IEC 60947-1:2020 applies.

9.3.4.4.3 Characteristics of transient recovery voltage

Subclause 9.3.3.5.3 of IEC 60947-1:2020 applies only to utilization categories AC-22, AC-23 and AC-23e. For tests for utilization categories DC-22 and DC-23 the test circuit load may be replaced by a motor producing the specified current and time constant value if agreed between manufacturer and user.

9.3.4.4.4 Behaviour of the equipment during and after making and breaking capacity tests

The equipment shall perform, during the above tests, in such a manner as not to endanger an operator or cause damage to adjacent equipment.

There shall be no permanent arcing or flash-over between poles or between poles and frame and no melting of the fuse in the detection circuit.

The equipment shall remain mechanically operable. Contact welding, such as to prevent an opening operation using normal operating means, is not permitted.

9.3.4.4.5 Condition of equipment after the making and breaking capacity tests

It shall be demonstrated immediately after the test that the equipment will close and open satisfactorily during a no-load close/open operation.

The force required for opening shall not be greater than the test force of 9.2.6.2 of IEC 60947-1:2020 and Table 17 of IEC 60947-1:2020.

A closing operation is considered satisfactory when normal operation of the handle through its full stroke will close the contacts sufficiently for the equipment to be able to carry its rated operational current.

After the test and without maintenance the equipment shall comply with the requirements of 9.3.4.5.

The contacts shall be in a suitable condition to carry the rated operational current without maintenance and shall comply with the temperature-rise verification of 9.3.4.7.

If the equipment is suitable for isolation, it shall comply with 9.3.4.6 and 9.3.4.8.

9.3.4.5 Dielectric verification

After the test according to 9.3.4.4, a test shall be made according to 9.3.3.4.1, item 4) of IEC 60947-1:2020.

9.3.4.6 Leakage current

This test is made only on equipment suitable for isolation of rated operational voltage U_e greater than 50 V. The leakage current shall be checked across the contact gaps as follows:

- a) disconnector and switch-disconnector: between load and line terminals;
- b) disconnector-fuse, switch-disconnector-fuse, fuse-disconnector and fuse-switch-disconnector single opening: between load and line terminals;
- c) disconnector-fuse, switch-disconnector-fuse, fuse-disconnector and fuse-switch-disconnector double opening: (i) between line terminals and the fuse-links; (ii) between load terminals and the fuse-links; and (iii) between load and line terminals.

The value of leakage current, with a test voltage equal to 1,1 times the rated operational voltage of equipment shall not exceed

- 0,5 mA per pole for equipment of utilization category AC-20A, AC-20B, DC-20A or DC-20B;
- 2 mA per pole for equipment of all other utilization categories.

9.3.4.7 Temperature-rise verification

After the tests according to 9.3.4.4, the temperature-rise of the terminals and accessible parts shall be checked according to 9.3.4.2, except that where a utilization category is assigned, the tests are made at the rated operational current I_e of the equipment tested.

The terminals and accessible parts shall not exceed the limiting values stated in Table 12.

Table 12 – Temperature-rise limits for terminals and accessible parts

Description of part ^a	Temperature-rise limit ^b K
Terminals for external connections	80
Manual operating means: – metallic – non-metallic	25 35
Parts intended to be touched but not hand-held: – metallic – non-metallic	40 50
Parts which need not be touched for normal operation: – metallic – non-metallic	50 60
^a No value is specified for parts other than those listed but no damage shall be caused to adjacent parts of insulating materials. ^b The temperature-rise limits specified are not intended to apply to a new sample but are those applicable to the temperature-rise verifications during the appropriate test sequences specified in Table 10.	

9.3.4.8 Strength of actuator mechanism

Subclause 9.2.6 applies to equipment suitable for isolation.

9.3.5 Test sequence II: operational performance capability

9.3.5.1 General

This test sequence applies to the types of equipment listed in Table 13 and comprises the tests according to this table.

They are made to verify compliance with 8.2.4.2.

Table 13 – Test sequence II: operational performance capability

			Types of equipment and order of tests					
Tests	Sub-clause No.	Samples	Switch	Fuse-switch and switch-fuse	Disconnector	Disconnector-fuse and fuse-disconnector	Switch-disconnector	Switch-disconnector-fuse and fuse-switch-disconnector
Operational performance	9.3.5.2	A, B	1	1	1	1	1	1
Dielectric verification	9.3.5.3	A, B	2	2	2	2	2	2
Leakage current ^a	9.3.5.4	A, B	–	–	3	3	3	3
Temperature-rise verification	9.3.5.5	A, B	3	3	4	4	4	4
^a Test required only for U_e greater than 50 V. ^b "A" is a sample from each fundamental design, chosen from the highest rated current I_e , and if applicable, having the maximum temperature-rise according to 9.3.3.4 d). "B", if applicable, are samples to verify as many combinations of U_e , I_e , AC or DC voltage ratings, to be tested.								

9.3.5.2 Operational performance test

9.3.5.2.1 Test values and conditions

The test values are stated in Table 5 and Table 6, according to the utilization category.

The time interval between Table 5 operating cycles with current and without current and the sequential order of the tests shall be stated in the test report.

During each make-break operating cycle, the equipment need only stay in the closed position for a period long enough to allow the switching operation to be completed and to enable the current value to be established and the moving parts of the equipment to come to rest. After each operating cycle, the recovery voltage shall be maintained for at least 0,05 s.

For alternating current, the power-factor of the test circuit shall be determined in accordance with 9.3.4.1.3 of IEC 60947-1:2020. The values shall be in accordance with Table 6.

For direct current, the time-constant of the test circuit shall be determined in accordance with 9.3.4.1.4 of IEC 60947-1:2020. The values shall be in accordance with Table 6.

9.3.5.2.2 Test circuit

Subclause 9.3.3.5.2 of IEC 60947-1:2020 applies.

9.3.5.2.3 Transient recovery voltage

It is not necessary to adjust the transient recovery voltage.

9.3.5.2.4 Switching overvoltages

Under consideration.

9.3.5.2.5 Behaviour of the equipment during the operational performance test

The equipment shall perform during the above tests in such a manner as not to endanger an operator or cause damage to adjacent equipment.

There shall be no permanent arcing or flash-over between poles or between poles and frame and no melting of the fuse in the detection circuit.

The equipment shall remain mechanically operable. Contact welding, such as to prevent an opening operation using normal operating means, is not permitted.

Some wear on the mechanism and contacts is allowed provided that the equipment functions correctly.

9.3.5.2.6 Condition of the equipment after the operational performance test

It shall be demonstrated immediately after the test that the equipment will close and open satisfactorily during a no-load close/open operation.

The force required for opening shall not be greater than the test force of 9.2.6.2 of IEC 60947-1:2020 and Table 17 of IEC 60947-1:2020.

A closing operation is considered satisfactory when normal operation of the handle through its full stroke will close the contacts sufficiently for the equipment to be able to carry its rated operational current.

After the tests and without maintenance the equipment shall comply with the requirements of 9.3.5.3.

The contacts shall be in a suitable condition to carry the rated operational current without maintenance and shall comply with the temperature-rise verification of 9.3.5.5.

If the equipment is suitable for isolation, it shall comply with 9.3.5.4.

9.3.5.3 Dielectric verification

Subclause 9.3.4.5 applies.

9.3.5.4 Leakage current

Subclause 9.3.4.6 applies.

9.3.5.5 Temperature-rise verification

Subclause 9.3.4.7 applies.

9.3.6 Test sequence III: short-circuit performance capability

9.3.6.1 General

This test sequence applies to the types of equipment listed in Table 14 and comprises the tests according to this table.

This test sequence is not mandatory if a value of rated short-circuit making capacity is not stated by the manufacturer (see 9.3.6.3.1) and test sequence IV (see 9.3.7) is carried out.

The tests are made to verify compliance with 8.2.5.

Table 14 – Test sequence III: short-circuit performance capability

			Types of equipment and order of tests					
Tests	Sub-clause No.	Samples	Switch	Fuse-switch and switch-fuse	Disconnector	Disconnector-fuse and fuse-disconnector	Switch-disconnector	Switch-disconnector-fuse and fuse-switch-disconnector
Short-time withstand current	9.3.6.2	A	1		1		1	
Short-circuit making capacity ^{a b}	9.3.6.3	A, B	2		–		2	
Dielectric verification	9.3.6.4	A, B	3	Not applicable	2	Not applicable	3	Not applicable
Leakage current ^c	9.3.6.5	A, B	–		3		4	
Temperature-rise verification	9.3.6.6	A, B	4		4		5	
^a Test sequence III is not mandatory if test sequence IV is carried out. ^b Switches and switch-disconnectors not having a rated short-circuit making capacity (see 5.3.7.2) shall meet the requirements of test sequence IV (see Table 16) ^c Test required only for U_e greater than 50 V. ^d "A" is a sample from each fundamental design, chosen from the highest I_{cw} current. "B", if applicable, are samples to verify as many combinations of U_e , I_{cw} or I_{cm} , AC or DC voltage ratings, to be tested.								

9.3.6.2 Short-time withstand current test**9.3.6.2.1 Test values and conditions**

The test conditions of 9.3.4.3 of IEC 60947-1:2020 apply.

The test current shall be the rated short-time withstand current stated according to 5.3.7.1.

9.3.6.2.2 Test circuit

Subclause 9.3.4.1.2 of IEC 60947-1:2020 applies.

For alternating current, the power-factor of the test circuit shall be in accordance with 9.3.4.1.3 of IEC 60947-1:2020.

For direct current, the time-constant of the test circuit shall be in accordance with 9.3.4.1.4 of IEC 60947-1:2020.

9.3.6.2.3 Calibration of the test circuit

Subclause 9.3.4.1.5 of IEC 60947-1:2020 applies with the following addition at the end of the first paragraph.

See Figures 3, 4, 5 and 6 of IEC 60947-1:2020.

9.3.6.2.4 Test procedure

The temporary connections B are replaced by the equipment under test and the test current is applied for the specified time with the equipment in the closed position.

9.3.6.2.5 Behaviour of the equipment during the test

The equipment shall perform during the test in such a manner as not to endanger an operator or cause damage to adjacent equipment.

There shall be no permanent arcing or flash-over between poles or between poles and frame and no melting of the fuse in the detection circuit.

The equipment shall remain mechanically operable. Contact welding, such as to prevent an opening operation using normal operating means, is not permitted.

9.3.6.2.6 Conditions of the equipment after the test

It shall be demonstrated, immediately after the test, that the equipment will close and open satisfactorily during a no-load close/open operation.

The force required for opening shall not be greater than the test force of 9.2.6.2 of IEC 60947-1:2020 and Table 17 of IEC 60947-1:2020.

A closing operation is considered satisfactory when normal operation of the handle through its full stroke will close the contacts sufficiently for the equipment to be able to carry its rated operational current.

After the test and without maintenance, if the equipment is a switch or a switch-disconnector, it shall be subjected to the short-circuit making capacity test, 9.3.6.3, as listed in Table 14.

If the equipment is suitable for isolation, it shall comply without maintenance with the dielectric verification of 9.3.6.4.

The contacts of a disconnector shall be in a suitable condition without maintenance to carry the rated operational current and shall comply with the temperature-rise of 9.3.6.6.

9.3.6.3 Short-circuit making capacity test

9.3.6.3.1 Test values and conditions

The test shall be made on the same equipment as for the test of 9.3.6.2 without any maintenance.

The test current shall be that assigned by the manufacturer as stated in 5.3.7.2.

9.3.6.3.2 Test circuit

Subclause 9.3.6.2.2 applies.

9.3.6.3.3 Test circuit calibration

The calibration of the test circuit is carried out by placing temporary connections B of negligible impedance as close as reasonably possible to the terminals provided for connecting the equipment under test.

Depending upon whether the equipment is rated alternating current or direct current, the calibration is made as follows.

a) For alternating current:

The tests shall be made at the rated frequency of the equipment.

The prospective current shall be applied for at least 0,05 s and its value is the RMS value determined from the calibration record. This value shall be equal to or higher than the specified value in at least one pole.

The average value of all phases shall comply with the tolerances in 9.3.2.2 of IEC 60947-1:2020.

The highest peak value of the prospective current during its first cycle shall be not less than n times the rated short-circuit current, the value of n being as stated in the fourth column of Table 16 of IEC 60947-1:2020.

b) For direct current:

The current shall be applied for the specified time and its mean value, determined from the record, shall be at least equal to the specified value.

If the testing station is unable to make these tests on direct current, they may, if agreed between manufacturer and user, be made on alternating current, provided suitable precautions are taken, for instance, the peak value of current shall not exceed the permissible current.

For equipment having the same rated current for alternating current and direct current, the AC test shall be taken as valid for the DC rating.

9.3.6.3.4 Test procedure

The temporary connections B are replaced by the equipment under test and the equipment shall be closed twice with an interval of approximately 3 min between these operations on a prospective peak current not less than the rated short-circuit making capacity of the equipment. The current or voltage shall be maintained for at least 0,05 s.

The closing mechanism shall be operated so as to simulate service conditions as closely as possible.

9.3.6.3.5 Behaviour of the equipment during the test

The equipment shall perform during the above tests in such a manner as not to endanger an operator or cause damage to adjacent equipment.

There shall not be permanent arcing or flash-over between poles or between poles and frame and no melting of the fuse in the detection circuit.

The equipment shall remain mechanically operable. Contact welding, such as to prevent an opening operation using normal operating means, is not permitted.

9.3.6.3.6 Condition of the equipment after the test

It shall be demonstrated immediately after the test that the equipment will open and close satisfactorily during a no-load open/close operation.

The force required for opening shall not be greater than the test force of 9.2.6.2 of IEC 60947-1:2020 and Table 17 of IEC 60947-1:2020.

A closing operation is considered satisfactory when normal operation of the handle through its full stroke will close the contacts sufficiently for the equipment to be able to carry its rated operational current.

After the test and without maintenance, the equipment shall comply with the dielectric verification of 9.3.6.4.

The contacts shall be in a suitable condition without maintenance to carry the highest rated operational current and shall comply with the temperature-rise verification of 9.3.6.6.

9.3.6.4 Dielectric verification

Subclause 9.3.4.5 applies.

9.3.6.5 Leakage current

Subclause 9.3.4.6 applies, except that the maximum value of leakage current shall not exceed 2 mA per pole for all utilization categories.

9.3.6.6 Temperature-rise verification

Subclause 9.3.4.7 applies.

9.3.7 Test sequence IV: conditional short-circuit current

9.3.7.1 General

This test sequence applies to the types of equipment listed in Table 15 or Table 16, as applicable, and comprises the tests according to the appropriate table.

This test sequence is not mandatory if a value of rated conditional short-circuit current is not stated by the manufacturer and test sequence III (see 9.3.6) is carried out.

For switches, disconnectors and switch-disconnectors the short-circuit protective device of the equipment may be a circuit-breaker or a fuse and shall be arranged on the load side of the equipment under test.

The type of circuit-breaker or fuse shall be that stated by the manufacturer as suitable for the equipment.

Details of the protective device used for the test i.e. manufacturer's name, type designation, rated voltage, current and short-circuit breaking capacity shall be given in the test report.

The type test with the specified protective device shall be deemed to cover the use of any other protective device having a Joule integral (I^2t) and cut-off current at the rated voltage, prospective current and power-factor not exceeding the specified values for the type of protective device used for the test.

The tests are made to verify compliance with 8.2.5.

9.3.7.2 Circuit-breaker protected short-circuit withstand

9.3.7.2.1 Test values and conditions

The circuit-breaker on the load side of the device under test shall be of the rated voltage, rated current and rated breaking capacity deemed suitable by the manufacturer for use with the equipment.

The test voltage to be used shall be equal to $1,05 \times U_e$, where U_e corresponds to the operational voltage of the device under test.

The test shall be made as follows:

- a) withstand test (switches, disconnectors and switch-disconnectors);

A prospective current corresponding to the rated conditional short-circuit current stated by the manufacturer shall be applied with the equipment in the closed position. The circuit-breaker shall interrupt the current.

- b) making test (switches and switch-disconnectors).

Table 15 – Test sequence IV: conditional short-circuit current – circuit-breaker protected

Tests	Sub-clause No.	Sample ^c	Types of equipment and order of tests		
			Switch ^a	Disconnect ^a	Switch-disconnector ^a
Circuit-breaker protected short-circuit withstand	9.3.7.2.1 a)	A, B	1	1	1
Circuit-breaker protected short-circuit making	9.3.7.2.1 b)	A, B	2	-	2
Dielectric verification	9.3.7.4	A, B	3	2	3
Leakage current ^b	9.3.7.5	A, B	-	3	4
Temperature-rise verification	9.3.7.6	A, B	4	4	5
^a Test sequence IV is not mandatory if test sequence III is carried out (see Table 14). ^b Test required only for U_e greater than 50 V. ^c "A" is a sample from each fundamental design, chosen from the highest rated conditional short-circuit current, or if applicable, "A" are samples of each type according to 9.3.3.4 d). "B", if applicable, are samples to verify as many combinations of U_e , I_{cc} , AC or DC voltage ratings, to be tested.					

After the withstand test of item a), all equipment according to Table 15 shall withstand operation "close". The circuit-breaker shall be closed, then the device under test shall be closed. The circuit shall be opened by the circuit-breaker.

9.3.7.2.2 Test circuit

Subclause 9.3.6.2.2 applies.

9.3.7.2.3 Test circuit calibration

Subclause 9.3.6.2.3 applies.

9.3.7.2.4 Test procedure

The closing mechanism of the switch shall be operated according to 8.2.1.1.

The temporary connections are replaced by the equipment under test and the test current applied according to 9.3.7.3.1. The recovery voltage shall be maintained for at least 0,05 s after interruption of the test current by the circuit-breaker.

9.3.7.2.5 Behaviour of the equipment during the test

Subclause 9.3.6.3.5 applies.

9.3.7.2.6 Condition of the equipment after the test

Subclause 9.3.6.3.6 applies.

9.3.7.3 Fuse protected short-circuit withstand

9.3.7.3.1 Test values and conditions

The fuse-links shall be of the rated maximum current and rated breaking capacity deemed suitable by the manufacturer for use with the equipment.

The equipment manufacturer shall supply the fuse-links (see appropriate part of the IEC 60269 series) to be used for the test. Details of the fuse-links used shall be recorded in the test report.

The test voltage to be used shall be equal to $1,05 \times U_e$, where U_e corresponds to the operational voltage of the device under test.

The test shall be made as follows:

a) Withstand test

A prospective current corresponding to the rated conditional short-circuit current stated by the manufacturer shall be applied with the equipment in the closed position.

b) Making test

After the withstand test of item a), all equipment according to Table 16 shall be fitted with new fuse-links and closed on to the rated conditional short-circuit current.

Table 16 – Test sequence IV: conditional short-circuit current – fuse protected

Tests	Sub-clause No.	Samples ^c	Types of equipment and order of tests					
			Switch ^a	Fuse-switch and switch-fuse	Disconnector ^a	Disconnector-fuse and fuse-disconnector	Switch-disconnector ^a	Switch-disconnector-fuse and fuse-switch-disconnector
Fuse protected short-circuit withstand	9.3.7.3.1 a)	A, B	1	1	1	1	1	1
Fuse protected short-circuit making	9.3.7.3.1 b)	A, B	2	2	–	–	2	2
Dielectric verification	9.3.7.4	A, B	3	3	2	2	3	3
Leakage current ^b	9.3.7.5	A, B	–	–	3	3	4	4
Temperature-rise verification	9.3.7.6	A, B	4	4	4	4	5	5

^a Test sequence IV is not mandatory if test sequence III is carried out (see Table 14).

^b Test required only for U_e greater than 50 V.

^c "A" is a sample from each fundamental design, chosen from the highest rated conditional short-circuit current, or if applicable, "A" are samples of each type according to 9.3.3.4 d).
 "B", if applicable, are samples to verify as many combinations of U_e , I_{cc} , AC or DC voltage ratings, to be tested.

9.3.7.3.2 Test circuit

Subclause 9.3.6.2.2 applies.

9.3.7.3.3 Test circuit calibration

Subclause 9.3.6.2.3 applies.

9.3.7.3.4 Test procedure

For fuse-switches, fuse-disconnectors and fuse-switch-disconnectors, the closing mechanism shall be operated according to 8.2.1.1.

The temporary connections are replaced by the equipment under test and the test current applied according to 9.3.7.3.1.

The recovery voltage shall be maintained for at least 0,05 s after interruption of the test current by the fuse.

9.3.7.3.5 Behaviour of the equipment during the test

Subclause 9.3.6.3.5 applies.

9.3.7.3.6 Condition of the equipment after the test

Subclause 9.3.6.3.6 applies.

9.3.7.4 Dielectric verification

Subclause 9.3.4.5 applies.

9.3.7.5 Leakage current

Subclause 9.3.4.6 applies.

9.3.7.6 Temperature-rise verification

Subclause 9.3.4.7 applies.

9.3.8 Test sequence V: overload performance capability

9.3.8.1 General

This test sequence applies to the types of equipment listed in Table 17 and comprises the tests according to the table.

9.3.8.2 Overload test

The equipment shall first be temperature conditioned at room temperature. The test current is $1,6 \times I_{the}$ or $1,6 \times I_{th}$ for a period of 1 h, or until one or more of the fuses blow. If the time is less than 1 h, the time shall be recorded in the test report.

The equipment manufacturer shall supply the fuse-links (see appropriate part of the IEC 60269 series) to be used for the test. Details of the fuse-links used shall be recorded in the test report.

Subclause 9.3.4.2 applies with the exception that no temperatures have to be measured.

Within 3 min to 5 min after the fuse(s) has (have) operated or the period of 1 h is over, the equipment shall be operated once, i.e. opened and closed. The equipment shall not have undergone any impairment hindering such operation. The force to open the equipment shall not be greater than the actuator test force of 9.2.6.2 of IEC 60947-1:2020 and Table 17 of IEC 60947-1:2020.

The time duration of the overload test shall be measured and given in the test report.

9.3.8.3 Dielectric verification

Subclause 9.3.4.5 applies.

9.3.8.4 Leakage current

Subclause 9.3.4.6 applies.

9.3.8.5 Temperature-rise verification

Subclause 9.3.4.7 applies with the addition of the following.

Fuse-links aged during the overload test according to 9.3.8.2 shall be replaced by new fuse-links of the same type and rating.

Table 17 – Test sequence V: overload performance capability

Tests	Sub-clause No.	Samples	Types of equipment and order of tests		
			Fuse-switch and switch-fuse	Disconnect-fuse and fuse-disconnector	Switch-disconnector-fuse and fuse-switch-disconnector
Overload test	9.3.8.2	A	1	1	1
Dielectric verification	9.3.8.3	A	2	2	2
Leakage current ^a	9.3.8.4	A	–	3	3
Temperature-rise verification ^c	9.3.8.5	A	3	4	4

^a Test required only for U_e greater than 50 V.

^b "A" is a sample from each fundamental design, chosen from the highest rated current I_e , and if applicable, having the maximum temperature-rise according to 9.3.3.4 d).

^c By agreement with the manufacturer, the test sequence may be changed so that the temperature-rise verification test follows directly after the overload test, followed by dielectric verification and the leakage current tests, as applicable.

9.3.9 Test sequence VI: critical load current performance of equipment with a DC rating

9.3.9.1 General

This test sequence applies to the equipment listed in Table 20 and comprises the tests according to Table 20.

9.3.9.2 Determination of critical load current

9.3.9.2.1 Test values and conditions

The test to determine the critical load current need not be repeated if it has been determined at a higher time constant.

The test shall be made at the maximum operational DC voltage, U_e , assigned by the manufacturer.

The time constant of the test circuit shall be as given in Table 19.

At the discretion of the manufacturer, a higher value of time constant may be used. The same value of time constant should be used for all tests carried out to determine the critical load current. When a higher value of time constant is used it shall be stated in the report.

The test current values shall be: 1 A, 2 A, 4 A, 8 A, 16 A, 32 A, 63 A, with $\pm 10\%$ tolerance, up to and including the rated operational current at the highest rated operational voltage. If necessary, the range of the test current shall be extended upwards by applying a 2 times ratio.

The switches, switch-disconnectors and fuse-combination units shall be opened seven times, manually or mechanically at the manufacturer's discretion. During each cycle, the switches, switch-disconnectors and fuse-combination units shall remain closed for a time sufficient to ensure that the full current is established, but not exceeding 2 s.

The number of operating cycles per hour shall be in accordance with Table 18.

In the case of a device where the line and load terminals are identified, all the operations shall be with the supply connected in accordance with the line and load markings. Tests on equipment where the line and load terminals are not marked shall be carried out as follows:

- a) with the supply connected to the terminals as determined by the manufacturer, when the manufacturer demonstrates the equipment has a symmetrical contact system and arc control arrangement in respect of the current flow in each pole; or
- b) with the first four operations with the supply connected in one direction followed by three operations in the opposite direction on the same sample, when the equipment does not have symmetrical contacts system and arc control arrangement in respect of current flow in each pole.

For each test current, the average arcing time is calculated. If two current flow directions are permitted, the maximum of the two values for this test current is used for further evaluation. If an average arcing time exceeds 1,3 time the value of the average at the rated operational current at the highest rated operational voltage, this is considered a critical current.

NOTE When searching for the critical current, if the value of test current is lower than the previous value of current, a new sample can be used to avoid the effects of remnant magnetism.

If several critical currents are found in this way, the one with the highest arcing time shall be tested.

If no critical value of current is found within these criteria, no further test according to 9.3.9.2.1 is required. At the manufacturer's discretion, the test at each value of current may be carried out on a new sample.

9.3.9.2.2 Test circuit

Subclause 9.3.5.2.2 applies.

9.3.9.2.3 Value of critical load current

The time of the arc extinction during the test shall be recorded and it shall not exceed 1 s.

When all operations are carried out with the current flow in the same direction, for each value of test current the average extinction time for the last six operations is calculated. When the operations are carried out with the current flow in both directions, the average extinction time of the last three operations in each direction shall be calculated. I_{crit} is the current corresponding to the maximum average extinction time. If no critical load current is identified below the rated operational current, the remaining tests in this sequence shall not be carried out.

9.3.9.3 Critical load current performance

The test may be carried out on a new sample. This test sequence is identical to test sequence II (see 9.3.5), except existing Table 5, Table 6 and Table 13 are replaced by Table 18, Table 19 and Table 20, respectively. The test supply shall be connected in accordance with the line-load and polarity markings where applicable. For switches capable of current flow in both directions, the supply shall be connected so as to provide the longest arc duration at the critical load current, as determined in 9.3.9.2.3.

The arcing time during each breaking operation shall not exceed 1 s.

Table 18 – Number of operating cycles corresponding to the critical load current

Category	Rating of the product A	Number of operating cycles per hour ^a	Number of operating cycles at I_{crit}
DC-21, DC-22 and DC-23	$I_e \leq 315$	120	100
	$315 < I_e \leq 630$	60	100
	$630 < I_e \leq 2\,500$	20	100
	$I_e > 2\,500$	10	100
^a With the agreement of the manufacturer, the number of operating cycles per hour can be increased.			

Table 19 – Test circuit parameters for Table 18

Utilization category	Rated operational current	Making and breaking		
		I	UI/U_e	L/R ms
DC-21A, DC-21B	All values	I_{crit}	1	1
DC-22A, DC-22B	All values	I_{crit}	1	2
DC-23A, DC-23B	All values	I_{crit}	1	7,5

Table 20 – Test sequence VI: critical load current performance of equipment with a DC rating

Tests	Sub-clause No.	Samples ^b	Types of equipment and order of tests			
			Switch	Fuse-switch and switch-fuse	Switch-disconnector	Switch-disconnector-fuse and fuse-switch-disconnector
Determination of critical load current	9.3.9.2	A, B	1	1	1	1
Critical load current performance	9.3.9.3	C, D	2	2	2	2
Dielectric verification	9.3.5.3	C, D	3	3	3	3
Leakage current ^a	9.3.5.4	C, D	–	–	4	4
Temperature-rise verification	9.3.5.5	C, D	4	4	5	5
^a Test required only for U_e greater than 50 V.						
^b "A" and "C" are samples from each fundamental design, chosen from the highest rated current I_e , and if applicable, having the maximum temperature-rise according to 9.3.3.4 d). "B" and "D", if applicable, are samples to verify as many combinations of U_e , I_e , DC voltage ratings, to be tested.						

9.4 Electromagnetic compatibility tests

9.4.1 General

Subclause 9.4 of IEC 60947-1:2020 applies with the following addition.

During tests, the following performance criterion applies:

- unintentional separation or closing of contacts shall not occur.

9.4.2 Immunity

9.4.2.1 Equipment incorporating electronic circuits

The requirements of 8.3.2 of IEC 60947-1:2020 apply. To verify compliance with these requirements, the tests contained in Table 7 shall be conducted.

9.4.3 Emission

9.4.3.1 Equipment not incorporating electronic circuits

No tests are necessary (see 8.3.3.1).

9.4.3.2 Equipment incorporating electronic circuits

The requirements of 8.3.3.2 apply. The limits contained in Table 8 shall be verified by tests.

Measurements shall be made in the operating mode, including grounding conditions, producing the highest emission in the frequency band being investigated which is consistent with normal service conditions (see Clause 6).

Each measurement shall be performed in defined and reproducible conditions.

9.5 Special tests

9.5.1 Mechanical and electrical durability

Resistance to mechanical and/or electrical wear is demonstrated by the operational performance test detailed in 9.3.5.2.

Where abnormal service conditions are expected (see also note to 8.2.4.3.1 of IEC 60947-1:2020), the following tests detailed in 9.5.2 and 9.5.3 may be necessary.

9.5.2 Mechanical durability

The mechanical durability test (see 8.2.4.3 and 9.1.5), where required, is made in accordance with the appropriate requirements of 9.3.5.2, except that for equipment suitable for isolation, the maximum value of leakage current shall not exceed 6 mA per pole for all utilization categories.

The total number of operating cycles shall be as declared by the manufacturer.

9.5.3 Electrical durability

The electrical durability test (see 8.2.4.4 and 9.1.5), where required, is made in accordance with the appropriate requirements of 9.3.5.2, except that for equipment suitable for isolation, the maximum value of leakage current shall not exceed 6 mA per pole for utilization categories AC-21, AC-22, AC-23, AC-23e, DC-21, DC-22 and DC-23.

Equipment of utilization categories AC-20A, AC-20B, DC-20A and DC-20B is not submitted to this test.

The total number of operating cycles shall be as declared by the manufacturer.

9.5.4 Damp heat, salt mist, vibration and shock

These special tests shall be made either at the discretion of the manufacturer or according to an agreement between the manufacturer and user (see 3.8.4 of IEC 60947-1:2020). As special tests, unless specifically called for, these additional tests are not mandatory, and it is not necessary for a switch, disconnector, switch-disconnector or fuse combination unit to satisfy any of these tests to conform to this document.

Annex Q of IEC 60947-1:2020 applies.

Product verification and operational capability after the test shall be demonstrated by compliance with the relevant requirements of 9.3.4.7.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60947-3:2020

Annex A (normative)

Equipment for direct switching of a single motor

A.1 General

Switches, switch-disconnectors and fuse-combination units normally intended for direct switching of individual motors shall comply with the additional requirements of Annex A. These requirements are essentially the same as the appropriate subclauses of IEC 60947-4-1:2018 and equipment complying with this annex may state on the nameplate the appropriate utilization category according to Table A.1.

A.2 Rated

A.2.1 Intermittent periodic duty or intermittent duty

Subclause 5.3.4.3 of IEC 60947-1:2020 applies with the following additions.

According to the number of operating cycles, which they shall be capable of carrying out per hour, equipment is divided into the following classes:

- class 1: up to 1 operating cycle per hour;
- class 3: up to 3 operating cycles per hour;
- class 12: up to 12 operating cycles per hour;
- class 30: up to 30 operating cycles per hour;
- class 120: up to 120 operating cycles per hour.

A.2.2 Temporary duty

Subclause 5.3.4.4 of IEC 60947-1:2020 applies.

A.3 Making and breaking capacities

An equipment is defined by its making and breaking capacities, in accordance with utilization categories as specified in Table A.2 (see Clause A.4).

A.4 Utilization category

The utilization categories as given in Clause A.2 are considered standard in this annex. Any other type of utilization category shall be based on agreement between manufacturer and user but information given in the manufacturer's catalogue or tender may take the place of such an agreement.

Each utilization category is characterized by the values of the currents and voltages, expressed as multiples of the rated operational current and of the rated operational voltage, and by the power-factors or time-constants as shown in Table A.2 and other test conditions used in the definitions of the rated making and breaking capacities.

For equipment defined by their utilization category, it is therefore unnecessary to specify separately the rated making and breaking capacities as these values depend directly on the utilization category as shown in Table A.2.

The utilization categories of Table A.2 correspond in principle to the applications listed in Table A.1.

Table A.1 – Utilization categories

Utilization categories		Typical applications
AC	AC-2	Slip-ring motors: starting, plugging ^a , switching off
	AC-3	Squirrel-cage motors ^c : starting, switching off motors during running, reversing ^{d f}
	AC-3e	Squirrel-cage motors with higher locked rotor current ^e : starting, switching off motors during running, reversing ^{d f}
	AC-4	Squirrel-cage motors: starting, plugging ^a , inching ^b
DC	DC-3	Shunt motors: starting, plugging ^a , inching ^b , dynamic breaking of DC motors
	DC-5	Series-motors: starting, plugging ^a , inching ^b , dynamic breaking of DC motors
The switching of rotor circuits, capacitors or tungsten filament lamps shall be subject to special agreement between manufacturer and user.		
^a Plugging is understood to mean stopping or reversing the motor rapidly by reversing motor primary connections while the motor is running. ^b Inching (jogging) is understood to mean energizing a motor once or repeatedly for short periods to obtain small movements of the driven mechanism. ^c Asynchronous motor of design N and H according to IEC 60034-12. ^d Reversing is understood to mean reversing the direction of movement by reversing the motor primary connections only when the motor is not running. ^e Asynchronous motor of design NE and HE, according to IEC 60034-12, having extended/higher locked rotor apparent power and current than design N and H respectively, to achieve a higher efficiency class according to IEC 60034-30-1. ^f AC-3 category may be used for occasional inching (jogging) or plugging for limited time periods such as machine set-up; during such limited time periods, the number of such operations should not exceed five per minute or more than ten in a 10-min period.		

Table A.2 – Rated making and breaking capacity conditions corresponding to several utilization categories

Utilization categories	Make and break conditions					
	I_c/I_e	U_r/U_e	$\cos \phi$	On-time s ^b	Off-time s	Number of operating cycles
AC-2	4,0	1,05	0,65	0,05	c	50
AC-3 ^e	8,0	1,05	a	0,05	c	50
AC-3e ^e	8,5	1,05	a	0,05	c	50
AC-4 ^e	10,0	1,05	a	0,05	c	50
			L/R ms			
DC-3	4,0	1,05	2,5	0,05	c	50 ^f
DC-5	4,0	1,05	15,0	0,05	c	50 ^f

Utilization categories	Make conditions					
	III_e	U/U_e	$\cos \phi$	On-time s ^b	Off-time s	Number of operating cycles
AC-3	10	1,05 ^d	a	0,05	10	50
AC-3e	12 ^g	1,05 ^d	g	0,05	10	50
AC-4	12	1,05 ^d	a	0,05	10	50

Key

I = current made. The making current is expressed in DC or AC RMS symmetrical values but it is understood that for alternating current the peak value of the asymmetrical current corresponding to the power-factor of that circuit may assume a higher value.

I_c = current made and broken, expressed in DC or AC RMS symmetrical values

I_e = rated operational current

U = applied voltage

U_r = power frequency or DC recovery voltage

U_e = rated operational voltage

$\cos \phi$ = power-factor of test circuit

L/R = time-constant of test circuit

^a $\cos \phi = 0,45$ for $I_e \leq 100$ A, $0,35$ for $I_e > 100$ A.

^b Time may be less than 0,05 s provided that contacts are allowed to become properly seated before re-opening.

^c See Table A.3.

^d For U/U_e a tolerance of ± 20 % is accepted.

^e The make conditions shall also be verified but may be combined with the make and break test if agreed by the manufacturer. The making current multiples are to be as shown for III_e and the breaking current as shown for I_c/I_e . The off-time is to be taken from Table A.3.

^f 25 operating cycles with one polarity and 25 operating cycles with reverse polarity.

^g $\cos \phi = 0,35$ for $I_e \leq 100$ A; $\cos \phi = 0,25$ for $I_e > 100$ A.

It is at the discretion of the manufacturer to choose any factor III_e between 12 and 13. In this case, the power factor is given by the following formulas:

$I_e \leq 100$ A: $\cos \phi = 0,1 \times III_e - 0,85$

$I_e > 100$ A: $\cos \phi = 0,1 \times III_e - 0,95$

Table A.3 – Relationship between current broken I_c and off-time for the verification of the rated making and breaking capacities

Current broken I_c					Off-time
A					s
		I_c	$\leq$	100	10
100	<	I_c	$\leq$	200	20
200	<	I_c	$\leq$	300	30
300	<	I_c	$\leq$	400	40
400	<	I_c	$\leq$	600	60
600	<	I_c	$\leq$	800	80
800	<	I_c	$\leq$	1 000	100
1 000	<	I_c	$\leq$	1 300	140
1 300	<	I_c	$\leq$	1 600	180
1 600	<	I_c			240

The values of off-time may be reduced if agreed by the manufacturer.

A.5 Operational performance

Subclause 8.2.4.2 of IEC 60947-1:2020 applies with the following additions.

Equipment shall be capable of making and breaking currents without failure under the conventional conditions stated in Table A.4 for the required utilization categories and the number of operations indicated therein.

Table A.4 – Operational performance – Conditions for making and breaking corresponding to several utilization categories

Utilization categories	Make and break conditions					
	I_c/I_e	U_r/U_e	$\cos \phi$	On-time s ^b	Off-time s	Number of operating cycles
AC-2	2,0	1,05	0,65	0,05	^c	6 000
AC-3	2,0	1,05	^a	0,05	^c	6 000
AC-3e	2,0	1,05	^a	0,05	^c	6 000
AC-4	6,0	1,05	^a	0,05	^c	6 000
			L/R ms			
DC-3	2,5	1,05	2,0	0,05	^c	6 000 ^d
DC-5	2,5	1,05	7,5	0,05	^c	6 000 ^d

Key

I_c = current made or broken. The making current is expressed in DC or AC RMS symmetrical values but it is understood that the actual value will be the peak value corresponding to the power-factor of the circuit.

I_e = rated operational current

U_r = power frequency or DC recovery voltage

U_e = rated operational voltage

L/R = time-constant of test circuit

- ^a $\cos \phi = 0,45$ for $I_e \leq 100$ A, $0,35$ for $I_e > 100$ A.
- ^b Time may be less than $0,05$ s provided that contacts are allowed to become properly seated before re-opening.
- ^c These off-times shall be not greater than the values specified in Table A.3.
- ^d 3 000 operating cycles with one polarity and 3 000 operating cycles with reverse polarity.

A.6 Mechanical durability

Subclause 8.2.4.3.1 of IEC 60947-1:2020 applies with the following addition.

The preferred numbers of no-load operating cycles expressed in millions are

0,001 – 0,003 – 0,01 – 0,03 – 0,1 – 0,3 and 1.

If no mechanical endurance is stated by the manufacturer, a class of intermittent duty implies a minimum mechanical endurance corresponding to 8 000 h of operation at the highest corresponding frequency of operating cycles (see A.2.1).

A.7 Electrical durability

Subclause 8.2.4.3.2 of IEC 60947-1:2020 applies with the following addition.

The total number of on-load operating cycles shall be as declared by the manufacturer.

A.8 Verification of making and breaking capacities

See 9.3.4.4 except that the test values shall be in accordance with Table A.2 and Table A.3.

With the agreement of the manufacturer, the tests of Clause A.8 and Clause A.9 may be conducted on the same sample.

A.9 Operational performance test

See 9.3.5.2 except that the test conditions shall be in accordance with Table A.4.

With the agreement of the manufacturer, the tests of Clause A.8 and Clause A.9 may be conducted on the same sample.

A.10 Special tests

A.10.1 General

Resistance to mechanical and/or electrical wear is demonstrated by the operational performance test detailed in Clause A.9.

Where abnormal service conditions are expected (see also 8.2.4.3 of IEC 60947-1:2020), the following tests may be necessary.

A.10.2 Mechanical durability test

A.10.2.1 Condition of the equipment for tests

The equipment shall be installed as for normal service; in particular, the conductors shall be connected in the same manner as for normal use.

During the test there shall be no voltage or current in the main circuit. The equipment may be lubricated before the test if lubrication is required in normal service.

A.10.2.2 Operating conditions

The equipment shall be operated as in normal service.

A.10.2.3 Test procedure

- a) The tests are carried out at the frequency of operations corresponding to the class of intermittent duty. However, if the manufacturer considers that the equipment can satisfy the required conditions when using a higher frequency of operations, he may do so.
- b) The number of operating cycles to be carried out shall be not less than the number of no-load operating cycles stated by the manufacturer.
- c) After each tenth of the total number of operations has been carried out, it is permissible before carrying on with the test
 - to clean the whole equipment without dismantling;
 - to lubricate parts for which lubrication is required by the manufacturer for normal service;
 - to adjust the travel and the pressure of the contacts if the design of the equipment enables this to be done.
- d) This maintenance work shall not include any replacement of parts.

A.10.2.4 Results to be obtained

Following the tests of mechanical durability, the equipment shall still be capable of complying with the normal operating conditions at room temperature. There shall be no loosening of the parts used for connecting the conductors.

A.10.3 Electrical durability test

With respect to its resistance to electrical wear, an equipment is, by convention, characterized by the number of on-load operating cycles, corresponding to the different utilization categories given in Table A.5 which can be made without repair or replacement.

In all cases, the speed and number of operating cycles shall be chosen by the manufacturer.

The tests shall be taken as valid if the values recorded in the test report differ from the values specified only within the tolerances stated in 9.3.2.2.2 of IEC 60947-1:2020.

Tests shall be carried out with the equipment under the appropriate conditions of A.10.2.1 and A.10.2.2 using the test procedure, where applicable, of A.10.2.3, except that replacement of contacts is not permitted.

After the test, the equipment shall fulfil the normal operating conditions specified in 9.3.4.3 and withstand a dielectric test voltage of twice the rated operational voltage U_e , but not less than 1 000 V, applied only as specified in 9.3.3.4.1, item 4) b), of IEC 60947-1:2020.

**Table A.5 – Verification of the number of on-load operating cycles –
Conditions for making and breaking corresponding to several utilization categories**

Utilization categories	Values of the rated operational current	Make			Break		
		I/I_e	U/U_e	$\cos \phi^a$	I_c/I_e	U_r/U_e	$\cos \phi^a$
AC-2	All values	2,5	1	0,65	2,5	1	0,65
AC-3	$I_e \leq 17 \text{ A}$	6	1	0,65	1	0,17	0,65
	$I_e > 17 \text{ A}$	6	1	0,35	1	0,17	0,35
AC-3e	$I_e \leq 17 \text{ A}$	6	1	0,65	1	0,17	0,65
	$I_e > 17 \text{ A}$	6	1	0,35	1	0,17	0,35
AC-4	$I_e \leq 17 \text{ A}$	6	1	0,65	6	1	0,65
	$I_e > 17 \text{ A}$	6	1	0,35	6	1	0,35
		I/I_e	U/U_e	L/R^b ms	I_c/I_e	U_r/U_e	L/R^b ms
DC-3	All values	2,5	1	2	2,5	1	2
DC-5	All values	2,5	1	7,5	2,5	1	7,5
Key I_e = rated operational current U_e = rated operational voltage I = current made. In alternating current the conditions for making are expressed in RMS symmetrical values but it is understood that the peak value of asymmetrical current, corresponding the power-factor of the circuit, may assume a higher value U = applied voltage U_r = power frequency and DC recovery voltage I_c = current broken L/R = time-constant of test circuit ^a Tolerance for $\cos \phi$: $\pm 0,05$. ^b Tolerance for L/R : $\pm 15 \%$.							

A.11 Critical load current performance for DC equipment

The main circuits of equipment shall be capable of making and breaking its critical load current according to 9.3.9 and verified by test sequence VI (see 9.3.9).

Annex B (informative)

Items subject to agreement between manufacturer and user

NOTE For the purpose of Annex B:

- "agreement" is used in a very wide sense;
- "user" includes testing stations.

Annex J of IEC 60947-1:2020 applies with regard to clauses and subclauses of this document and with the following additions.

Clause or subclause numbers of this document	Items
5.4	Switching of capacitors or of tungsten filament lamps
8.1.7.2 NOTE	Locking in the closed position for particular applications
8.2.4.2 and Table 5	Increase of the operating rate for the verification of the operational performance
9.3.4.4.1	Time interval greater than $30\text{ s} \pm 10\text{ s}$ between close-open cycles for making and breaking capacity test of equipment of $I_{th} > 400\text{ A}$ For categories AC-23A and AC-23B testing of making and breaking capacities by make cycles at $10 I_e$ followed by the same number of make-break cycles at $8 I_e$
9.3.4.4.3	Verification of making and breaking capacities for utilization categories DC-22 and DC-23: replacement of the load of the test circuit by a motor
9.3.6.3.3	AC test circuit calibration for the short-circuit making capacity test in the case of DC equipment
Clause A.4	Utilization categories other than those listed in Table A.2
Table A.1	Switching of rotor circuits, capacitors or tungsten filament lamps
Clause A.8	Verification of making and breaking capacities
Clause A.9	Operational performance test

Annex C (normative)

Single pole operated three-pole switches

C.1 General

All requirements of this document apply except where modified by the following.

The test requirements according to this document for verification of making and breaking capacities, operational performance and conditional short-circuit withstand, apply to devices with poles operated simultaneously. They are therefore not suitable for three-phase switches operated pole by pole.

Important characteristics of three-phase switches operated pole by pole and relevant for the above-mentioned tests are as follows:

- the three poles are operated individually and are positioned adjacent to each other.
The three phases can typically be situated beside each other (horizontal version, see Figure C.1 b)) or below each other (vertical version, see Figure C.1 a)).
- the sequence of operation of the poles is at the discretion of a skilled operator.
- the design of the individual poles shall be fundamentally the same.

The position of the device under test shall be defined by the manufacturer and stated in the test report.

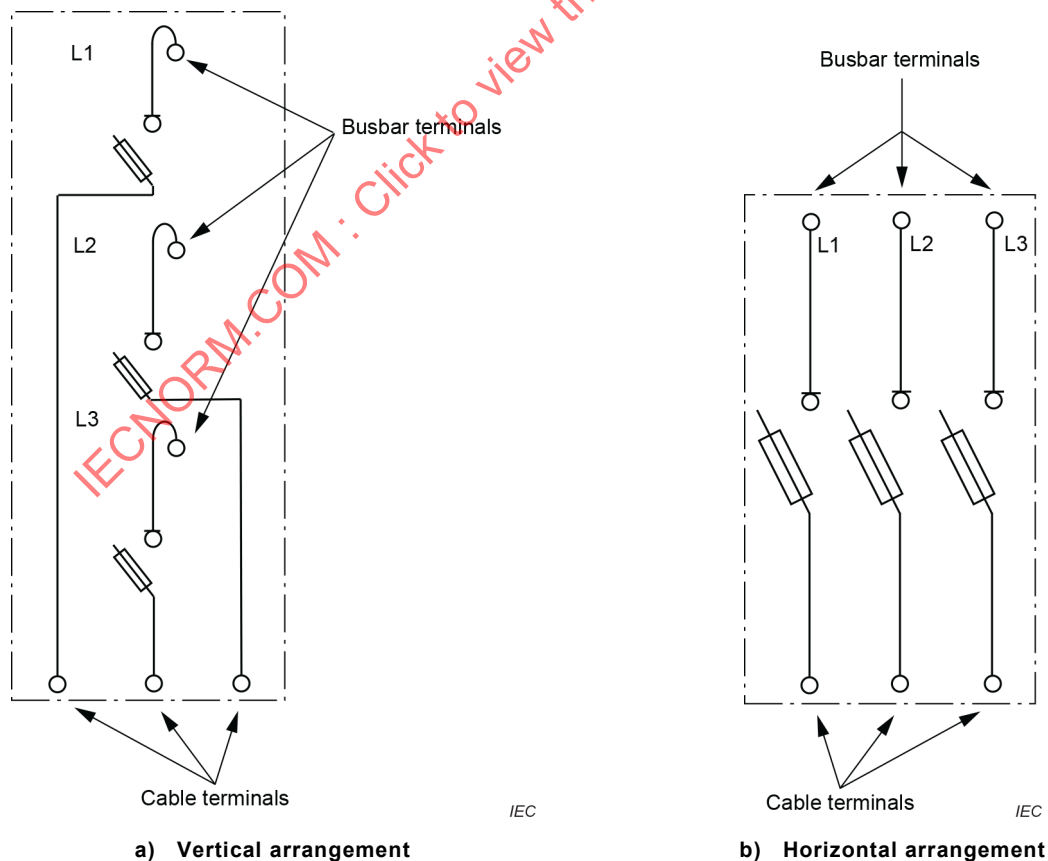


Figure C.1 – Typical arrangements

C.2 Tests

When testing single pole operated three-pole switches, the relevant test sequences of Table 10 shall be applied with the following identified tests, modified in accordance with Clause C.3:

- 9.3.4.4 – Making and breaking capacities of test sequence I;
- 9.3.5.2 – Operational performance of test sequence II;
- 9.3.7.3.1 b) – Making of test sequence IV.

C.3 Test set-up and sequence

C.3.1 Making and breaking capacities (9.3.4.3) and operational performance (9.3.5.2)

Test 1: With L1 and L2 closed, L3 is subjected to the required make-break operation cycle.

Test 2: With L2 closed and L3 open, L1 is subjected to the required make-break operation cycle.

All tests shall be performed in a three-phase test circuit according to Figure 5 of IEC 60947-1:2020.

C.3.2 Fuse protected short-circuit test (9.3.7.3)

For the making test of the fuse-switch, the following test shall be applied.

With L1 open and L2 closed, L3 is subjected to the required make operation cycle. The test shall be performed in a three-phase test circuit according to Figure 11 of IEC 60947-1:2020.

C.4 Condition of equipment after tests

The equipment shall comply with the relevant clauses of 9.3.4.4.5, 9.3.5.2.6 and 9.3.6.3.6.

C.5 Instructions for use

The manufacturer shall include within the product literature the following statement.

These devices are intended for power distribution systems where switching and/or isolation of an individual phase may be necessary and shall not be used for the switching of the primary circuit of three-phase equipment.

Annex D (normative)

Switches, disconnectors, switch-disconnectors and fuse-combination units for use in photovoltaic (PV) DC applications

D.1 General

D.1.1 Background

As part of the answer to the challenge of sustainable development, the number of photovoltaic (PV) installations is increasing. This latest development in photovoltaic (PV) technology is challenging the conventional approach to energy sources and power distribution systems, including their operating conditions and environment.

PV applications have particular characteristics and require equipment with specific performance. These performance requirements are identified for IEC 60947-3 products in this annex.

NOTE The abbreviated term "PV" (photovoltaic) is used in this annex.

The provisions of this document are applicable to equipment specified in this annex, where specifically identified. Clauses, subclauses, tables, figures and annexes of this document thus applicable are identified by their particular reference, for example as "5.3.5.1", "Table 2" or "Annex A".

D.1.2 Object

This annex applies to DC switches, disconnectors, switch-disconnectors and fuse-combination units, rated up to 1 500 V DC, intended for use in photovoltaic (PV) systems, and hereafter referred to as "PV switches, PV disconnectors, PV switch-disconnectors and PV fuse-combination units".

Switches, disconnectors, switch-disconnectors and fuse-combination units used in PV systems are subject to electrical, environmental and operational conditions that differ from the general conditions taken into account in the main body of this document. The requirements have thus been adapted to reflect these conditions of use.

The object of this annex is to state:

- the requirements for PV switches, PV disconnectors, PV switch-disconnectors and PV fuse-combination units to be used on the DC side of PV applications;
- the tests to verify that the product performance is consistent with the PV applications and the expected life in PV environmental conditions.

D.2 Normative references

Clause 2 applies with the following addition:

IEC 60068-2-14:2009, *Environmental testing – Part 2-14: Tests – Test N: Change of temperature*

D.3 Terms and definitions

Clause 3 applies.

D.4 Classification

Clause 4 applies with the following changes:

D.4.1 According to the utilization category

For PV applications, the utilization categories given in existing Table 2 are replaced by DC-PV0, DC-PV1 or DC-PV2 (see Table D.1).

D.5 Characteristics

Clause 5 applies with the following changes:

D.5.3.6.1 Ability to withstand motor switching overload currents

Subclause 5.3.6.1 is not applicable.

D.5.3.6.2 Rated making capacity

Replace, in the second paragraph of 5.3.6.2, "Table 4" by "Table D.6".

D.5.3.6.3 Rated breaking capacity

Replace, in the second paragraph of 5.3.6.3, "Table 4" by "Table D.6".

D.5.3.7.1 Rated short-time withstand current (I_{cw})

Subclause 5.3.7.1 applies as follows:

Equipment with utilization category:

- a) DC-PV1: rated short-time withstand current is not applicable;
- b) DC-PV0 and DC-PV2: in accordance with 5.3.7.1.

D.5.4 Utilization category

Replace the existing text of 5.4 by the following:

The utilization categories define the intended application and are given in Table D.1.

Each utilization category is characterized by the values of the currents and voltages, expressed as multiples of the rated operational current and rated operational voltage, as well as the time constant of the circuit. The conditions for making and breaking given in Table D.6 correspond to the application listed in Table D.1.

Table D.1 – Utilization categories

Utilization category	Typical applications
DC-PV0	Opening and closing a PV circuit to provide disconnection when no current is flowing.
DC-PV1	Connecting and disconnecting single PV string(s) where reverse currents and significant overcurrent cannot occur.
DC-PV2	Connecting and disconnecting PV circuits where significant overcurrents may prevail and where current flow can be in both directions; for example, where several strings are connected in parallel and to the same inverter, or one or more strings with a battery.

D.6 Product information

Clause 6 applies.

D.7 Normal service, mounting and transport conditions

Clause 7 applies, with the following changes:

Annex D covers the use of PV switches, PV disconnectors, PV switch-disconnectors and PV fuse-combination units for use in the alternative service arrangements detailed in Table D.2.

Table D.2 – Service arrangements

Unenclosed	Unenclosed PV switches, PV disconnectors, PV switch-disconnectors or PV fuse-combination units that have a conventional free air thermal current rating and that are suitable for installation within a cabinet or enclosure, which may be suitable for indoor or outdoor use.
Enclosed	Enclosed PV switches, PV disconnectors, PV switch-disconnectors or PV fuse-combination units that have a conventional enclosed thermal current rating and that are suitable for installation in indoor or outdoor locations.

D.7.1.1 Ambient air temperature

Replace 7.1.1 of IEC 60947-1:2020 by the following:

The ambient air temperature does not exceed the maximum and minimum values given in Table D.3. Daily average ambient air temperature over a period of 24 h does not exceed 35 °C.

Table D.3 – Environmental conditions

Environmental class	Maximum ambient air temperature without de-rating	Minimum ambient air temperature	Comment
Unenclosed	+40 °C	–5 °C	Guidance on de-rating for higher ambient air temperature up to 70 °C may be provided. In addition, guidance on operation at temperature lower than –5 °C may also be given.
Enclosed – Indoor	+40 °C	–5 °C	Normal indoor service conditions in accordance with Clause 6.
Enclosed – Outdoor	+40 °C (without solar effects)	–25 °C	Rating applies when the enclosed equipment is subjected to solar radiation of 1,2 kW/m ² and the maximum ambient air temperature. Guidance may be provided on de-rating of enclosed equipment to be installed in locations with a higher maximum ambient air temperature and/or lower minimum ambient air temperature

Ambient air temperature is that existing in the vicinity of the equipment if supplied without an enclosure, or in the vicinity of the enclosure if supplied with an enclosure.

D.8 Constructional and performance requirements

Clause 8 applies with the following addition:

Enclosures shall comply with IEC 62208.

D.8.1.4 Clearances and creepage distances

Subclause 8.1.4 of IEC 60947-1:2020 applies with the following modification:

The minimum rated impulse voltage shall be in accordance with Table D.4.

D.8.1.12 Degrees of protection of enclosed equipment

Subclause 8.1.12 of IEC 60947-1:2020 applies with the following addition:

The degree of protection provided by the enclosure against contact with live parts, ingress of solid foreign bodies and water as indicated by the IP code according to Annex C of IEC 60947-1:2020, shall be declared by the manufacturer. For indoor enclosed and outdoor enclosed equipment this shall not be less than IP2X and IP33, respectively.

D.8.2.3 Dielectric properties

Subclause 8.2.3 of IEC 60947-1:2020 applies with the following changes:

PV switches, PV disconnectors, PV switch-disconnectors and PV fuse-combination units shall have a rated impulse withstand voltage as given in Table D.4.

NOTE In general, for PV circuits, overvoltage category II is assumed, and the impulse withstand voltage ratings for the PV circuit are assigned based on the PV system voltage, with a minimum impulse voltage of 2,5 kV.

Table D.4 – Rated impulse withstand levels for PV switches, PV disconnectors, PV switch-disconnectors or PV fuse-combination units

Maximum value of rated operational voltage DC V	Impulse withstand voltage used in DC PV equipment kV
300	2,5
600	4,0
1 000	6,0
1 500	8,0
Interpolation is not permitted in main circuits.	
NOTE 1 These values are based on requirements in IEC 60364-7-712 for overvoltage category II as defined in IEC 60664-1 and in Annex D of IEC TR 60664-2-1:2011.	
NOTE 2 The application of surge arrestors is the responsibility of the assembly/installation designer.	

D.8.2.4.1 Making and breaking capacities

Replace 8.2.4.1 by the following:

PV switches, PV switch-disconnectors and PV fuse-combination units shall be capable of interrupting any current up to their rated making and breaking capacities. Compliance with these requirements is checked by the tests of 9.3.4.4 as modified by D.9.3.4.4.1.

The rated making and breaking capacities are stated by reference to the rated operational voltage, rated operational current and to the PV utilization category according to Table D.5.

Test conditions are as specified in D.9.3.5.2.1.

For PV switches, PV switch-disconnectors and PV fuse-combination units with a utilization category DC-PV1, the test supply shall be connected in accordance with the terminal markings (generator, load, "+" and "-"). Equipment with a utilization category DC-PV2 shall have one sequence of tests carried out on a sample with the test supply and load connected to the main poles, as convenient. Unless the manufacturer can demonstrate the contact system and arc control arrangement is symmetrical in respect of current flow in each pole, the sequence shall then be repeated on a new sample with the supply and load terminals interchanged.

Table D.5 – Verification of rated making and breaking capacities (see 9.3.4.4) – Conditions for making and breaking corresponding to the DC-PV category

Utilization categories	Making and breaking			Number of operating cycles ^a
	I/I_e and I_c/I_e	U/U_e	L/R ms	
DC-PV0	–	–	–	
DC-PV1	1,5	1,05	1	5
DC-PV2	4	1,05	1	5

^a One switching operation without current between each making and breaking operation is allowed, providing it does not alter the time interval between the required operations as defined in 9.3.4.4.1.

D.8.2.4.2 Operational performance

Replace 8.2.4.2 by the following:

D.8.2.4.2.1 Operational performance at a normal ambient air temperature

Tests concerning the verification of the operational performance of equipment are intended to verify that the equipment is capable of making and breaking without failure any current up to the rated current, including the critical load current. Compliance with the operational performance requirements is checked by the tests of 9.3.5 as modified by D.9.3.5.2.1.

NOTE Requirements for operation at the critical load current is dealt with separately in D.8.2.8.

The number of operating cycles and the test circuit parameters for the operational performance tests for the various utilization categories are given in Table D.6 and Table D.7.

Test conditions are as specified in D.9.3.5.2.1.

For PV switches, PV disconnectors, PV switch-disconnectors and PV fuse-combination units with a utilization category DC-PV1, the test supply shall be connected in accordance with the terminal markings (generator, load, "+" and "-"). Equipment with a utilization category DC-PV2 shall have one sequence of tests carried out on a sample with the test supply and load connected to the main poles, as convenient. Unless the manufacturer can demonstrate the contact system and arc control arrangement is symmetrical in respect of current flow in each pole, the sequence shall then be repeated on a new sample with the supply and load terminals interchanged.

Table D.6 – Number of operating cycles

Rated operational current I_e A	Number of operating cycles per hour ^b	Number of operating cycles ^a		
		Without current	With current ^c	Total ^d
$I_e \leq 100$	120	9 700	300	10 000
$100 < I_e \leq 315$	120	7 800	200	8 000
$315 < I_e \leq 630$	60	4 800	200	5 000
$630 < I_e \leq 2 500$	20	2 900	100	3 000
$2 500 < I_e$	10	1 900	100	2 000

^a At the discretion of the manufacturer, the number of operating cycles with current may be increased whilst the total number of operating cycles remains unchanged.

^b Column 2 gives the minimum operating rate. This operating rate may be increased with the consent of the manufacturer, in which case the rate used shall be stated in the test report.

^c During each operating cycle, the PV switches, PV switch-disconnectors and PV fuse-combination units shall remain closed for a sufficient time to ensure that the full current is established, but not exceeding 2 s.

^d PV disconnectors shall comply with the number of operating cycles in the "Total" column without current.

Table D.7 – Test circuit parameters for Table D.6

Utilization categories	Making and breaking		
	I/I_e and I_c/I_e	U/U_e	L/R ms
DC-PV1	1	1	1
DC-PV2	1	1	1

Key

I = making current
 I_c = breaking current
 I_e = rated operational current
 U = applied voltage
 U_e = rated operational voltage
 L/R = time-constant of test circuit

D.8.2.4.2.2 Operational performance at a low ambient air temperature

The following test shall be carried out on equipment intended to be used in outdoor enclosures to verify operation at an ambient air temperature of $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$.

The test can be carried out on an enclosed or unenclosed device, however, all mechanical couplings and the handle shall be included in the test. In addition, if the enclosure is made of plastic, it shall be included in the test.

The test shall be carried out following conditioning at a temperature not higher than $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ for a period of at least 24 h prior to the test being carried out.

Repeat of operational performance sequence test detailed in D.8.2.4.2.1 on a sample in new and clean condition, with the following changes:

- all operating cycles shall be carried out without current;
- number of operating cycles shall be 100 at the frequency given in Table D.6;

- operating cycles shall be carried out with the device under test located in an ambient air temperature between -25°C and -30°C .

D.8.2.4.4 Electrical durability

Subclause 8.2.4.3.2 of IEC 60947-1:2020 applies. Test conditions are specified in D.9.5.2.

D.8.2.8 Critical load current performance

The main circuits of an equipment shall be capable of making and breaking its critical load current according to 9.3.9 and verified by test sequence VI as modified by D.9.3.9.

D.9 Tests

Clause 9 applies with the following modifications:

D.9.3.2 Test sequences

Subclause 9.3.2 applies with the following changes:

Replace Table 10 with the following Table D.8:

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60947-3:2020

Table D.8 – Overall scheme of test sequences

Sequences	Test
General performance characteristics (see 9.3.4 as modified by D.9.3.4.4.1)	Temperature-rise ^{e, f} Dielectric properties ^e Making and breaking capacities ^a Dielectric verification ^a Leakage current ^b Temperature-rise verification Strength of actuator mechanism
Operational performance capability – equipment types (see 9.3.5 as modified by D.9.3.5.2.1 and D.9.3.5.2.2)	Operational performance Dielectric verification Leakage current ^b Temperature-rise verification
Operational performance capability – enclosed outdoor equipment (see 9.3.5 as modified by D.8.2.4.2.2 and D.9.3.5.2.1)	Operational performance Dielectric verification Leakage current ^b Temperature-rise verification
Short-circuit performance capability ^c (see 9.3.6 as modified by D.9.3.6.2.2)	Short-time withstand current Short-circuit making capacity ^a Dielectric verification Leakage current ^b Temperature-rise verification
Conditional short-circuit current ^c (see 9.3.7)	Fuse protected short-circuit withstand Fuse protected short-circuit making ^a Dielectric verification Leakage current ^b Temperature-rise verification
Overload performance capability ^d (see 9.3.8 as modified by D.9.3.8.2)	Overload test Dielectric verification Leakage current ^b Temperature-rise verification
Critical load current (DC) performance (see 9.3.9 as modified by D.9.3.9)	Critical load current test Dielectric verification Leakage current ^b Temperature-rise verification
Thermal cycling (see D.9.3.10)	Thermal cycling test Temperature-rise verification Mechanical operation Dielectric verification
Climatic (see D.9.3.11)	Climatic test Temperature-rise verification
Temperature-rise verification with solar effects – Enclosed outdoor units only (see D.9.3.12)	Temperature-rise verification with simulated solar effects
Verification of resistance of insulating materials to abnormal heat and fire (see D.9.3.13)	Glow wire test
Degree of protection – enclosed units only (see D.9.3.14)	IP test
Clearance and creepage distances (see D.9.3.15)	Measurement of creepage and clearance distances
EMC (see D.9.4)	EMC test
^a Not applicable to DC-PV0 equipment. See 5.3.6.2 and 5.3.6.3. ^b Only required for equipment suitable for isolation of rated voltage greater than 50 V. ^c Either test sequence III or test sequence IV to be made according to the ratings stated by the manufacturer. ^d Not required for switches, disconnectors and switch-disconnectors. ^e May be conducted outside of the sequence, see 9.3.2. ^f Applies to 9.3.3.4 only.	

D.9.3.3 General test conditions

D.9.3.3.1 General requirements

Subclause 9.3.3.1 applies with the following addition:

For all tests, the connection of poles of the PV switches, PV disconnectors, PV switch-disconnectors and PV fuse-combination units shall be in accordance with the manufacturer's installation instructions.

D.9.3.4.4.1 Test values and conditions

Subclause 9.3.4.4.1 applies with the following modifications:

Replace all references to Table 4 by Table D.5.

Subclause 9.3.4.4.1, sixth paragraph is not applicable.

D.9.3.5.2.1 Test values and conditions

Subclause 9.3.5.2.1 applies with the following modifications:

Replace all references to existing Table 5 and Table 6 by Table D.6 and Table D.7 respectively.

D.9.3.5.2.2 Test circuit

Replace 9.3.5.2.2 by the following:

Subclause 9.3.4.1.2 of IEC 60947-1:2020 applies.

The time constant of the test circuit shall be 1 ms.

At the discretion of the manufacturer, a higher value of time constant may be used. In this case, it should be stated in the test report.

D.9.3.6.2.2 Test circuit

Replace 9.3.6.2.2 by the following:

Subclause D.9.3.5.2.2 applies.

D.9.3.8.2 Overload test

Subclause 9.3.8.2 applies with the following changes:

Replace the existing first paragraph with the following:

The equipment shall first be temperature-conditioned at room temperature. The test current is $1,45 \times I_{the}$ or $1,45 \times I_{th}$ for a period of 1 h, or until one or more of the gPV fuse-links operate.

If the time is less than the specified period, the time shall be recorded in the test report.

D.9.3.9 Critical load current performance of equipment with a DC rating

Subclause 9.3.9. applies with the following modifications:

Replace all references to existing Table 18 and Table 19 by Table D.9 and Table D.10 respectively.

Table D.9 – Number of operating cycles corresponding to the critical load current

Category	Rating of the product A	Number of operating cycles per hour	Number of operating cycles at I_{crit}
DC-PV1 and DC-PV2	$I_e \leq 315$	120	100
	$315 < I_e \leq 630$	60	100
	$630 < I_e \leq 2\,500$	20	100
	$I_e > 2\,500$	10	100

Table D.10 – Test circuit parameters for Table D.9

Utilization category	Rated operational current	Making and breaking		
		I	UIU_e	L/R ms
DC-PV1 and DC-PV2	All values	I_{crit}	1	1

D.9.3.10 Thermal cycling test

PV switches, PV disconnectors, PV switch-disconnectors and PV fuse-combination units, including the enclosure where applicable, shall be subjected to temperature cycling test according to IEC 60068-2-14, test Nb, comprising 50 cycles, each cycle consisting of 1 h at -40 °C followed by 1 h at $+85\text{ °C}$. The test should be performed when the product is in closed position. The temperature change rate shall be 1 K/min. At the conclusion of the 50 cycles, the equipment shall be returned to room temperature of $(25 \pm 5)\text{ °C}$ for a minimum of 3 h.

The equipment shall then be subjected to

- visual inspection to confirm that there is no distortion or damage to parts that will affect normal operation and protection;
- one open and close operation to confirm normal mechanical operation;
- temperature-rise test of 9.3.4.7;
- dielectric test in accordance with 9.3.4.5.

The number of samples shall be in accordance with the requirements of Table 11 for test sequence I.

D.9.3.11 Climatic test

PV switches, PV disconnectors, PV switch-disconnectors and PV fuse-combination units shall be subjected to the climatic tests of IEC 60947-1:2020, Annex Q, category B: environment subject to temperature and humidity, except that the dry heat test and the low temperature test are not required, as they are deemed to be covered by the thermal cycling test in D.9.3.10.

Product verification and operational capability after the test shall be demonstrated by compliance with relevant requirements of 9.3.4.7.

The number of samples shall be in accordance with the requirements of Table 11 for test sequence I. At the discretion of the manufacturer, this test may be combined with the thermal cycling test and made on the same samples.

D.9.3.12 Temperature-rise verification with solar effects – Outdoor units only

These tests only apply to enclosed units. The test shall be carried out in accordance with 9.3.4.2 plus the following additional solar effects.

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

For the duration of the temperature-rise test, radiant heat lamps shall be used to simulate the effects of solar radiation on the top, front or back and one adjacent side of the test sample. These shall be arranged such that the average solar radiation received by the sample under test, perpendicular to the surface being considered is

top $[0,9 \times 1,2/\sqrt{2}] = 0,76 \text{ kW/m}^2$;

front or back $[0,9 \times 1,2/(\sqrt{2} \times \sqrt{2})] = 0,54 \text{ kW/m}^2$;

side $[0,9 \times 1,2/(\sqrt{2} \times \sqrt{2})] = 0,54 \text{ kW/m}^2$.

A pyranometer shall be used to measure the simulated level of solar radiation.

The ambient air temperature sensing means shall be so positioned and/or sufficiently distant from the radiant heat lamps that they are not affected by the radiation.

The average level of radiation on each of the exposed surface shall be recorded in the test report.

At the conclusion of the test, the temperature-rise shall not exceed 80 K on the terminals for external connections, assuming a maximum shade ambient air temperature of 40 °C. No other value is specified but no damage shall be caused to adjacent parts of insulating materials.

Operators should note that the temperatures of external parts that are exposed to solar radiation may be high and precautions should be taken if they need to be touched.

D.9.3.13 Verification of resistance of insulating materials to abnormal heat and fire

Insulating materials shall meet glow wire test requirements in accordance with 9.2.2.1 of IEC 60947-1:2020.

D.9.3.14 Degree of protection – Enclosed equipment

Ingress protection (IP) tests shall be carried out on enclosed equipment in accordance with Annex C of IEC 60947-1:2020 to confirm the degree of protection declared by the manufacturer has been attained.

D.9.3.15 Clearance and creepage distances

Clearance and creepage distances shall be measured to confirm compliance with D.8.1.4 (see Annex G of IEC 60947-1:2020 for guidance on measurement of creepage and clearances distances).

D.9.4 Electromagnetic compatibility tests

Electromagnetic compatibility shall be verified in accordance with 9.4.

D.9.5.2 Electrical durability

Replace 9.5.3 by the following:

The electrical durability test (see D.8.2.4.1 and 9.1.5), where required, is made in accordance with the appropriate requirements of 9.3.5.2 as modified by D.9.3.5.2.1 and D.9.3.5.2.2, except that for equipment suitable for isolation, the maximum value of leakage current shall not exceed 2 mA per pole for utilization categories DC-PV1 and DC-PV2.

The total number of operating cycles shall be declared by the manufacturer.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60947-3:2020

Annex E (normative)

Additional requirements for LV switchgear intended for connection of aluminium conductors

E.1 Object

The purpose of Annex E is to address the needs of connecting aluminium conductors, as an alternative to copper, by specifying appropriate tests and other requirements while maintaining safety and performance.

This annex specifies the requirements for use of solid and stranded aluminium conductors and aluminium busbars with low voltage switchgear within the scope of this document, as follows:

- 1) Aluminium test conductors that are equivalent to, and can be used as an alternative to, the copper conductors given in Table 9 of IEC 60947-1:2020, Table 10 of IEC 60947-1:2020 and Table 11 of IEC 60947-1:2020 for terminals as depicted in Figures D.2, D.3, D.4, D.5, D.6 (including busbars) and D.7 of IEC 60947-1:2020 or similar clamping units.
- 2) Method for verifying the means of connecting aluminium conductors, as used in normal service for terminals as depicted in Figures D.2, D.3, D.4, D.5 and D.7 of IEC 60947-1:2020 or similar clamping units. Testing of lug terminals depicted in Figure D.6 of IEC 60947-1:2020 is specified in IEC 61238-1-1.

Terminals covered by this annex may be an integral part of the switchgear or may be provided as an accessory.

NOTE The term “terminal” used in this annex is equivalent to the term “clamping unit” used in IEC 60947-1.

Screwless terminals as depicted in Figure D.8 of IEC 60947-1:2020 and connection of flexible aluminium conductors are not covered by this annex. Terminating aluminium and copper conductors in one clamping unit at the same time is not covered by this annex.

E.2 Normative references

Clause 2 applies with the following addition:

IEC 61238-1-1, *Compression and mechanical connectors for power cables – Part 1-1: Test methods and requirements for compression and mechanical connectors for power cables for rated voltages up to 1 kV ($U_m = 1,2$ kV) tested on non-insulated conductors*

E.3 Terms, definitions and index of terms

Clause 3 applies with the following additions:

E.3.1

reference conductor

continuous length of the same type and size conductor as that used in the terminal unit under test and connected in the same series circuit to enable the reference temperature and, if required, reference resistance to be determined

E.3.2

equalizer

arrangement used in the test loop to ensure an equipotential point and a uniform current density in a stranded conductor, without adversely affecting the temperature of the conductor(s)

E.3.3 stability factor

 S_f

measure of temperature stability of a terminal unit during the current cycling test

Note 1 to entry: Definitions for different types of terminals can be found in Annex D of IEC 60947-1:2020.

E.4 Classification

Clause 4 applies with the following additions:

According to the conductor connection:

- for use with copper only; or
- for use with either copper or aluminium; or
- for use with aluminium only.

E.5 Characteristics

Clause 5 applies.

E.6 Product information

E.6.1 Nature of information

Subclause 6.1 applies.

E.6.2 Marking

Subclause 6.2 applies with the following addition:

If the rated current of the terminals is lower than the rated current of the switchgear, it shall be marked on the switchgear or the switchgear terminals, or in the manufacturer's literature, as appropriate.

The suitability of the terminal for use with aluminium conductors only (Al) or copper and aluminium conductors (Al/Cu) shall be marked on the switchgear or the switchgear terminals, or in the manufacturer's literature, as appropriate. When the marking is on the switchgear or terminals the abbreviations "AL" and "AL/CU" may be used.

E.6.3 Instructions for installation, operation and maintenance, decommissioning and dismantling

Subclause 6.3 applies with the following addition:

Manufacturer's literature may include recommended installation practices such as:

- after removal of the conductor insulation and prior to termination, the aluminium conductor shall be cleaned by wire-brushing the aluminium followed by application of an anti-oxidant compound to limit oxidization of the aluminium;
- treatment of the busbar at the termination points, by wire-brushing the aluminium followed by the application of an anti-oxidant compound or by use of an electrically conductive coating such as tin;
- use of specific hardware for termination.

E.7 Normal service, mounting and transport conditions

Clause 7 applies.

E.8 Constructional and performance requirements

Clause 8 applies with the following additions:

Clamping units intended for use with aluminium conductors shall be treated with an electrically conductive coating such as tin, or alternative means that will inhibit corrosion due to the difference in electrochemical series.

The manufacturer shall specify whether the terminals are suitable for stranded, solid or both types of conductors. Performance tests shall be carried out with all conductor types specified by the manufacturer.

Aluminium conductor sizes for different currents given in Table E.7 and Table E.8 correspond to copper conductor sizes given in Table 9 of IEC 60947-1:2020, Table 10 of IEC 60947-1:2020 and Table 11 of IEC 60947-1:2020.

NOTE The conductor sizes have been derived from IEC 60898-1, UL 486E and BIS IS 13947-1.

E.9 Tests

E.9.1 General

The tests shall be performed with aluminium conductors having a cross-section corresponding to the lower of either the rated current of the device or the rated current of the terminals, as given in Table E.7.

The aluminium conductor to be used shall be single core (stranded or solid), with black insulation for all the tests applicable in E.9.2, E.9.3 and E.9.4. Cables 10 mm² and larger shall have electrical and mechanical properties complying with IEC 60228.

Class A aluminium alloy grade 1350, as referred to in IEC 61545, shall be used for testing purposes.

NOTE 1 Grade 1350 aluminium is generally considered to be the worst case and its use for testing is consistent with UL 486E.

NOTE 2 Requirements for terminals acceptable for use with sector shaped conductors are under consideration.

The following tests shall be carried out on either the product or the terminal specimen to be used in the final product as specified in Table E.1. Each specimen comprises a pair of terminals and conductor part.

Table E.1 – List of tests for terminal connections ^a with aluminium cables

Test		Subclause	Tested on	Number of units
Current cycling test		E.9.2	Terminal specimen	4 specimens
Mechanical properties of terminals	Flexion test	E.9.3.1	Switchgear	As per 9.2.5.3 of IEC 60947-1:2020
	Pull-out test	E.9.3.2		As per 9.2.5.4 of IEC 60947-1:2020
Insertion test		E.9.4	Switchgear	As per 9.2.5.5 of IEC 60947-1:2020
^a Type of connection limited to clamping unit types of Figures D.2, D.3, D.4, D.5 and D.7 as per Annex D of IEC 60947-1:2020.				

E.9.2 Current cycling test

E.9.2.1 General

The intent of this test is to verify the stability of the terminal by comparing the temperature performance with that of the reference conductor under current cycling conditions. This test is carried out on terminals alone, not on the switchgear.

E.9.2.2 Preparation

The test shall be performed on four specimens, each one consisting of a pair of terminals, assembled in a manner which represents the use of the terminals in the switchgear. The terminals which have been removed from the product shall be attached to conducting parts of the same cross-section, shape, metal and finish as those on which they are mounted on the product. The conducting part shall not exceed:

- three times the length of the terminal;
- the width of the terminal;

as shown in Figure E.2 below. The terminals shall be fixed to the conductor part(s) in the same manner (position, torque, etc.) as on the product.

To avoid excessive oxidation of the conductor and ensure proper connection, a sufficient length of insulation shall be removed immediately prior (without any intentional delay) to installation.

The wire shall be positioned so that 6 mm to 13 mm of the bare conductor is exposed between the wire-entry face of the terminal and the beginning of the insulation.

There shall be no mechanical removal or chemical treatment of any oxide on the surface of the conductor entering the terminal, unless it is explicitly required by the manufacturer's instructions, in which case it shall be stated in the test report.

E.9.2.3 Test arrangement

The general arrangement of the samples shall be as shown in Figure E.1, noting that either welded, lug, brazed, soldered or clamped connections to the equalizers may be used.

Dimensions in millimeters

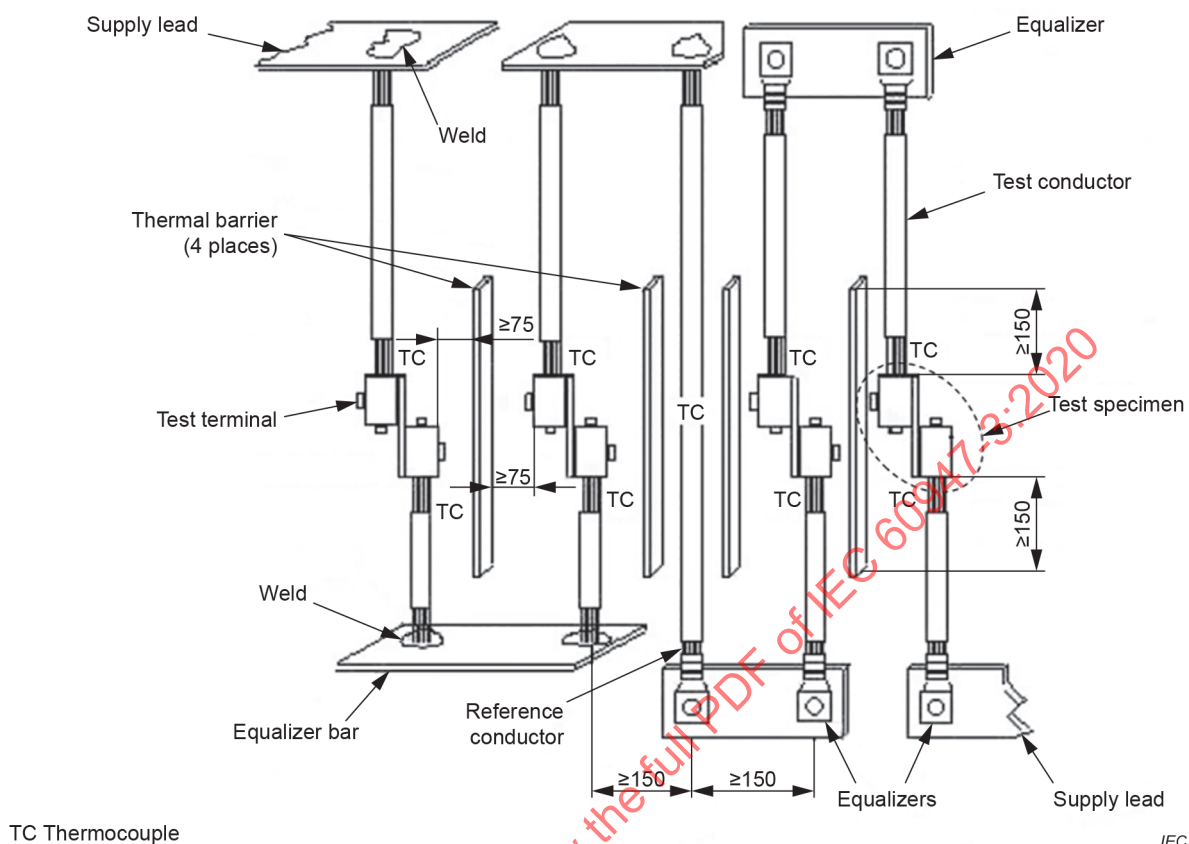


Figure E.1 – General test arrangement

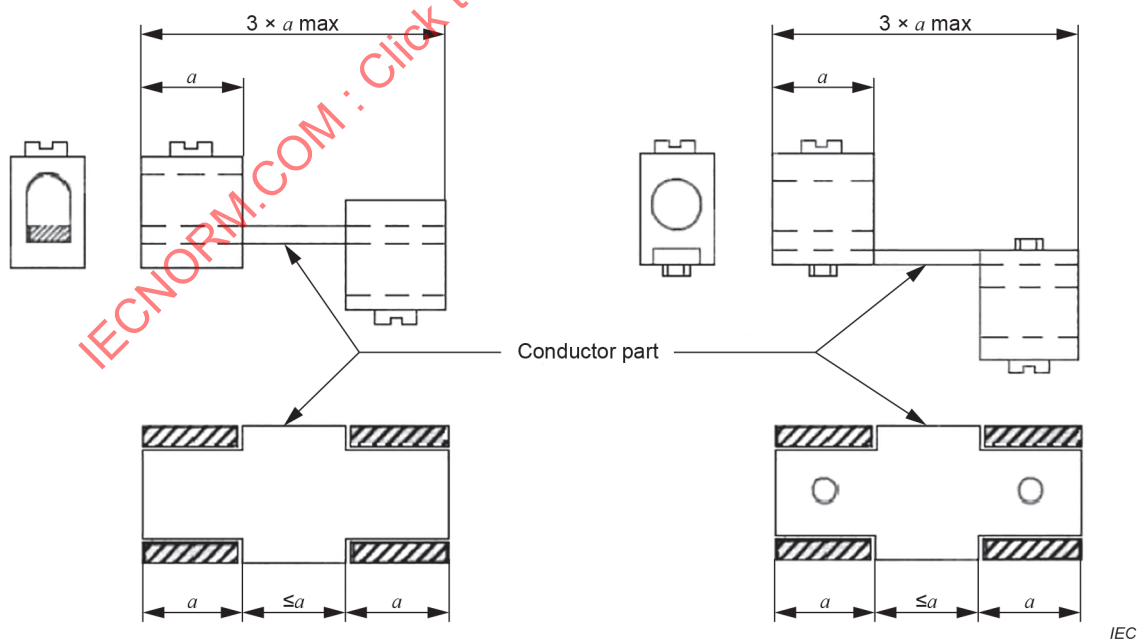


Figure E.2 – Mounting of terminals for the current cycling test

The test is carried out with conductors according to Table E.7 specifying the equivalent aluminium cross-section of conductors.

The length of the test conductor from the point of entry to the terminal specimens to the equalizer shall be as in Table E.2.

Table E.2 – Conductor length for current cycling test as per conductor cross-section

Conductor cross-section		Minimum conductor length
mm ²	AWG/kcmil	mm
0 to 10	30 to 8	200
16 to 25	6 to 3	300
35 to 240	2 to 500	460
Larger than 240	Larger than 500	660

Test conductors are connected in series with a reference conductor of the same cross-section. The length of the reference conductor shall be approximately twice the length of the test conductor. Each free-end of the test and reference conductor(s) not connected to a terminal specimen shall be welded or brazed to a short length of equalizer of cross-section not greater than that given in Table E.3.

90 % of the value of torque stated by the manufacturer or, if not stated, selected in Table 4 of IEC 60947-1:2020, shall be used to connect the aluminium cables to the terminal specimens.

All strands of the conductor shall be welded or brazed to make an electrical connection with the equalizer. As an alternative, tool-applied compression type terminations without welding or brazing may be used for the equalizer if acceptable to the manufacturer.

For an equipment wiring terminal intended for paralleling conductors, the hole spacing pattern in the equalizer shall be identical to the hole spacing pattern in the equipment wiring terminal.

Table E.3 – Equalizer dimensions

Range of test current A		Maximum dimensions (thickness and width) ^a			
		Copper		Aluminium	
>	≤	mm	in	mm	in
0	50	3,2 × 12,7	0,125 × 0,5	3,2 × 12,7	0,125 × 0,5
50	125	3,2 × 25	0,125 × 1	3,2 × 32	0,125 × 1,25
125	225	3,2 × 48	0,125 × 1,875	3,2 × 57	0,125 × 2,25
225	400	6,4 × 38	0,25 × 1,5	6,4 × 50	0,25 × 2
400	600	6,4 × 50	0,25 × 2	6,4 × 76	0,25 × 3
600	800	6,4 × 76	0,25 × 3	6,4 × 102	0,25 × 4
800	1 000	6,4 × 102	0,25 × 4	9,5 × 89	0,375 × 3,5
1 000	1 400	12,7 × 76	0,5 × 3	12,7 × 89	0,5 × 3,5
1 400	2 000	12,7 × 102	0,5 × 4	12,7 × 127	0,5 × 5

^a The equivalence between mm and inches is only approximative; it is acceptable for the equalizer to comply with either mm or inches columns. Other dimensions may be used providing the current density for the upper limit of the test current (2nd column) exceeds 1,16 A/mm² (750 A/in²) for an aluminium equalizer and 1,55 A/mm² (1 000 A/in²) for a copper equalizer.

The distance between the test and reference conductors shall be at least 150 mm.

The test specimen shall be suspended either horizontally or vertically in free air by supporting the equalizer or equalizer bar by non-conductive supports so as to minimize the tensile load on the terminals. Thermal barriers shall be installed mid-way between the conductors and shall extend $25\text{ mm} \pm 5\text{ mm}$ widthways and $150\text{ mm} \pm 10\text{ mm}$ lengthways beyond the terminals (see Figure E.1). Thermal barriers are not required provided the specimens are separated by at least 450 mm. The specimens shall be located at least 600 mm from the floor, wall or ceiling.

The test specimens shall be located in a substantially vibration-free and draught-free environment and at an ambient air temperature between 15 °C and 35 °C . Once the test is started, the maximum permissible variation is $\pm 4\text{ K}$ provided the range limitation is not exceeded.

E.9.2.4 Temperature measurements

Temperature measurements are made by means of thermocouples. Positioning of the thermocouples shall not damage the terminal or the reference conductor.

NOTE 1 Drilling of a small hole and subsequent fastening of the thermocouple is an acceptable method, provided that the performance is not affected and that it is agreed by the manufacturer.

For the measurement of the terminal temperature, the thermocouple shall be located on the conductor entry side of the terminal, close to the contact interface.

For the measurement of the temperature of the reference conductor, the thermocouple shall be located midway between the ends of the conductor, and under its insulation.

The ambient air temperature shall be measured with two thermocouples in such a manner as to achieve an average and stable reading in the vicinity of the test loop without undue external influence. The thermocouples shall be located in a horizontal plane intersecting the specimens, at a minimum distance of 600 mm from them.

NOTE 2 A satisfactory method for achieving a stable measurement is, for example, to attach the thermocouple to unplated copper plates approximately $50\text{ mm} \times 50\text{ mm}$, having a thickness between 6 mm and 10 mm.

E.9.2.5 Test method

The test loop shall be subjected to 500 cycles; each cycle consists of an on-period and an off-period as specified, starting at the test current value given in Table E.4.

The on-time shall be the time it takes for the test specimen terminal to reach stable temperatures. The off-time shall be the time it takes to reach room temperature. These times shall be determined in the first 25 cycles of operation. A test specimen terminal has attained a stable temperature when three readings, taken at not less than 10-min intervals, show no more than a 2 °C variation between any two of the readings. The time to temperature stabilization is the first of three readings indicating a stable temperature.

Forced-air cooling may be employed to reduce the off-time, if acceptable to the manufacturer. In that case, it shall be applied to the entire test loop and the resulting temperature of the forced air shall not be lower than the ambient air temperature.

Alternatively, for terminals with single conductors, the on and/or off times in Table E.4 may be used.

Table E.4 – Starting test current for the current cycling test

Cable(s) size			Test current for current cycling test	On- (and off-) times for current cycling
Number	mm ²	AWG/kcmil	A	hours
1	4	12	33	1
1	6	10	45	1
1	10	8	60	1
1	16	6	85	1
1	25	4	110	1
1	35	2	150	1
1	50	0	200	1
1	70	00	230	1
1	95	000	270	1
1	120	250 kcmil	350	1,5
1	150	300 kcmil	390	1,5
1	185	350 kcmil	435	1,5
1	240	500 kcmil	540	2
2	120	250 kcmil	460	-
2	150	300 kcmil	510	-
2	240	500 kcmil	707	-
2	300	600 kcmil	907	-
3	240	500 kcmil	1 060	-

Near the end of each on-period of the first 24 cycles, the temperature of each terminal shall have attained a minimum of 105 °C. When necessary the current shall be adjusted to achieve this condition. If the manufacturer demonstrates that the maximum temperature-rise of the terminals is less than 70 K, the 105 °C temperature may be reduced to this temperature rise plus 35 °C.

This shall be demonstrated by means of a temperature-rise test, in accordance with the general conditions of 9.3.3.3.4 to IEC 60947-1:2020, carried out on the device at the lower of either the rated current of the device or the rated current of the terminals.

This test shall be carried out on a new device equipped with the terminal under consideration and the aluminium conductors as specified in Table E.7. The maximum temperature-rise of all terminals shall be used for determining the target temperature for the current cycling test.

At the 25th cycle, the test current shall be adjusted for the last time and the corresponding temperature, when stabilized at the final load current, shall be recorded as the first measurement. There shall be no further adjustment of the test current for the remainder of the test.

Temperatures shall additionally be recorded after approximately 50, 75, 100, 125, 175, 225, 275, 350, 425, and 500 cycles. The temperature shall be measured during the last 5 min of the on-time. If the size of the set of test specimens or the speed of the data acquisition system is such that not all measurements can be completed within 5 min, the on-time shall be extended as necessary to complete all the measurements.

E.9.2.6 Acceptance criteria

The evaluation of performance is based on both the limit of terminal temperature-rise and the temperature variation (stability factor) during the test.

The stability factor S_f for each of the 11 temperature measurements shall be determined as follows:

- calculate the temperature deviation "d" for the 11 individual temperature measurements by subtracting the associated reference conductor temperature from the terminal temperature;
- calculate the average temperature deviation "D" from the 11 values of "d";
- calculate $S_f = d - D$ for each value of "d";

See example of stability factor calculation in Table E.5.

NOTE The value of "d" is positive if the terminal temperature is higher than that of the reference conductor and negative if it is lower.

For each terminal:

- the temperature-rise shall not exceed 125 K, and
- the stability factor S_f shall not exceed ± 10 K.

As this is an accelerated aging test, the insulation may be damaged due to high temperatures, but is not considered as a failure of the test.

Table E.5 – Example of stability factor calculation

Temperature measurement	Cycle number	Temperatures		Temperature deviation $d = a) - b)$	Stability factor $S_f = d - D^a$
		a) Terminal ^b	b) Reference conductor		
		°C	°C	K	K
1	25	79	78	1	0,18
2	50	80	77	3	2,18
3	75	78	78	0	–0,82
4	100	76	77	–1	–1,82
5	125	77	77	0	–0,82
6	175	78	77	1	0,18
7	225	79	76	3	2,18
8	275	78	76	2	1,18
9	350	77	78	–1	–1,82
10	425	77	79	–2	–2,82
11	500	81	78	3	2,18
^a Average temperature deviation $D = \frac{\sum d}{\text{number of measurements}} = \frac{9}{11} = 0,82$.					
^b Example applies to a cable terminal with a maximum temperature of 75 °C.					

E.9.3 Mechanical properties of terminals

E.9.3.1 Flexion test

Subclause 9.2.5.3 of IEC 60947-1:2020 applies with the following modification:

The test values shall be in accordance with Table E.6.

E.9.3.2 Pull-out test

Subclause 9.2.5.4 of IEC 60947-1:2020 applies with the following addition:

The test values to be applied shall be in accordance with Table E.6.

Table E.6 – Test values for flexion and pull-out test for cables

Conductor cross-section		Diameter of the bushing hole ^{a,b}	Height H ^a	Mass	Pulling force
mm ²	AWG/kcmil				
4	12	9,5	280	0,7	44
6	10	9,5	280	0,7	44
10	8	9,5	280	1,4	44
16	6	12,7	300	4	124
25	4	12,7	300	4,5	160
-	3	14,3	320	5,9	187
35	2	14,3	320	6,8	222
-	1	15,8	343	8,6	271
50	0	15,8	343	9,5	320
70	00	19,1	368	10,4	347
95	000	19,1	368	13,6	432
-	0000	19,1	368	13,6	516
120	250 kcmil	22,2	406	13,6	516
150	300 kcmil	22,2	406	15,4	516
185	350 kcmil	25,4	432	17,2	574
-	400 kcmil	25,4	432	17,2	574
240	500 kcmil	28,6	464	20,4	685
300	600 kcmil	28,6	464	20,4	685

NOTE Table E.6 is based on UL 486E.

^a Tolerances for height H is ±15 mm, tolerance for diameter of the bushing hole is ±2 mm.

^b If the bushing hole diameter is not large enough to accommodate the conductor without binding, a bushing having the next larger hole size may be used.

E.9.4 Test for insertability of unprepared round aluminium conductors having the maximum cross-section

Subclause 9.2.5.5 of IEC 60947-1:2020 applies except for the column of flexible conductors in Table 7 of IEC 60947-1:2020.

Table E.7 – Test aluminium cable for test currents up to 800 A ^{a, d}

Range of test current A		Cable size		
>	≤	Number	mm ²	AWG/kcmil
0	8	1	^c	^c
8	12	1	^c	^c
12	15	1	4 ^b	12 ^b
15	20	1	4 ^b	12 ^b
20	25	1	6 ^b	10 ^b
25	32	1	10	8
32	50	1	16	6
50	65	1	25	4
65	85	1	35	2
85	100	1	50	0
100	115	1	50	0
115	130	1	70	00
130	150	1	95	000
150	175	1	120	250 kcmil
175	200	1	150	300 kcmil
200	225	1	150	300 kcmil
225	250	1	185	350 kcmil
250	275	1	240	500 kcmil
275	300	2	120	250 kcmil
300	350	2	120	250 kcmil
350	400	2	150	300 kcmil
400	500	2	240	500 kcmil
500	630	2	300	600 kcmil
630	800	3	240	500 kcmil

^a See 9.3.3.3.4 of IEC 60947-1:2020.

^b National regulations may require larger sizes. Aluminium cables with cross-sections lower than 10 mm² are not recommended per IEC 60364-5-52.

^c Aluminium cables with cross-sections lower than 4 mm² are not recommended.

^d Test cables for currents above 800 A are under consideration.

Table E.8 – Test aluminium bars for test currents above 150 A and up to 3 150 A^{a, f}

Range of test current ^g A		Aluminium bars ^{b c d}	
>	≤	Number	Dimensions ^e (mm)
400	500	2	25 × 10
500	630	2	30 × 12
630	800	2	40 × 10
800	1 000	2	50 × 10
1 000	1 250	2	80 × 10
1 250	1 600	2	100 × 10
1 600	2 000	3	100 × 10
2 000	2 500	4	100 × 10
2 500	3 150	4	150 × 10 ^d

^a See 9.3.3.3.4 of IEC 60947-1:2020.

^b For convenience of testing and with the manufacturer's consent, smaller conductors than those given for a stated test current may be used.

^c Bars are assumed to be arranged with their long faces vertical. Arrangements with long faces horizontal may be used if specified by the manufacturer.

^d Where four bars are used they shall be in two sets of two bars with not more than 100 mm between pair centres.

^e Dimensions given are recommendations only. Different sizes can be used upon agreement between manufacturer and user.

^f For rated currents greater than 3 150 A, agreement shall be reached between manufacturer and user on all relevant items of the test, such as: type of supply, number of phases and frequency (where applicable), cross-sections of test connections. This information shall form part of the test report.

^g Aluminium bars for test currents below or equal to 400 A are under consideration.

Annex F (informative)

Power loss

F.1 General

Power loss is not a fundamental characteristic of products covered by this document and need not be marked on the product.

It gives some indication of the heat generated under specified conditions.

Measurement of power loss may be made in free air, on new samples, and be stated in watts.

F.2 Test methods

F.2.1 General

The method of determining power loss given below is based on the measurement of voltage and current. At the discretion of the manufacturer the power loss may be measured using watt meters. This can provide a more accurate value of power loss.

For switches, the voltage used for determining power loss shall be measured between the incoming and outgoing terminals. In the case of the fused devices the voltage shall be measured between the fuse-link terminal and the incoming or outgoing terminal as appropriate. Use of different cable terminals, for example cage clamps and terminals for cable lugs, may lead to different power losses.

The power loss evaluation shall be made under rated current steady-state temperature conditions, < 1 K/h increase, as at the end of the temperature-rise test (see 9.3.4.2). If convenient, the power loss measurements may be made at the end of the temperature-rise test when the temperatures have stabilized.

All phases shall be loaded to rated current when the power loss is measured.

F.2.2 General case for AC switches and/or disconnectors

AC power loss is evaluated as follows, connections being in accordance with Figure F.1.

$$\sum_{k=1}^{k=p} \Delta U_k I_k \cos \varphi_k$$

where

p is the number of phase poles;

k is the pole number;

ΔU is the voltage drop between incoming and outgoing terminals on each pole;

I is the test current which shall be equal to I_n within the tolerances according to 9.3.3.5;

$\cos \varphi$ is the power factor.

F.2.3 General case for AC fused combination units and fuse disconnectors

AC power loss is evaluated as follows, connections being in accordance with Figure F.2.

$$\sum_{k=1}^{k=p} \Delta U_k I_k \cos \varphi_k$$

where

p is the number of phase poles;

k is the pole number;

$\Delta U = \Delta U_a + \Delta U_b$;

ΔU_a is the voltage drop between the incoming terminal and the adjacent fuse-link terminal;

ΔU_b is the voltage drop between the outgoing device terminal and the adjacent fuse-link terminal;

I is the test current which shall be equal to I_n within the tolerances according to 9.3.3.5;

$\cos \varphi$ is the power factor.

F.2.4 Switches and/or disconnectors of rated current not exceeding 400 A

For AC switches, disconnectors, switch-disconnectors and fuse-combination units of rated current not exceeding 400 A, it is acceptable to use single-phase AC measurement without power factor measurement.

The power loss is evaluated as follows, connections being in accordance with Figure F.3.

$$\sum_{k=1}^{k=p} \Delta U_k I$$

where

p is the number of phase poles;

k is the pole number;

ΔU is the voltage drop between incoming and outgoing terminals on each pole;

I is the test current which shall be equal to I_n within the tolerances according to 9.3.3.5.

F.2.5 Fused combination units and fuse disconnectors of rated current not exceeding 400 A

For AC switches, disconnectors, switch-disconnectors and fuse-combination units of rated current not exceeding 400 A, it is acceptable to use single-phase AC measurement without power factor measurement.

The power loss is evaluated as follows, connections being in accordance with Figure F.4.

$$\sum_{k=1}^{k=p} \Delta U_k I$$

where

p is the number of phase poles;

k is the pole number;

$\Delta U = \Delta U_1 + \Delta U_2$;

- ΔU_1 is the voltage drop between the incoming terminal and the adjacent fuse-link terminal;
- ΔU_2 is the voltage drop between the outgoing device terminal and the adjacent fuse-link terminal;
- I is the test current which shall be equal to I_n within the tolerances according to 9.3.3.5.

For products complying with this document that are suitable for AC and DC applications, the power loss can be assumed to be the AC value providing the pole configuration is identical. Where this is not the case, for example poles are connected in series to achieve a DC breaking capacity, separate AC and DC tests have to be carried out.

For DC products covered by this document, the DC power loss shall be measured using a DC current.

It is evaluated as in F.2.4 or F.2.5 as applicable.

F.3 Test procedure

The power loss evaluation shall be made under rated current steady-state temperature conditions. If convenient, the power loss measurements may be made during a temperature-rise test.

The connecting leads to measuring instruments (e.g. voltmeter, wattmeter) shall be twisted together. The measuring loop shall be as small as practicable and shall be positioned similarly for each pole.

For evaluating the power loss of three-pole and four-pole AC products complying with this document according to F.2.2 and F.2.3, the test is performed under three-phase current conditions, without current in the fourth pole.

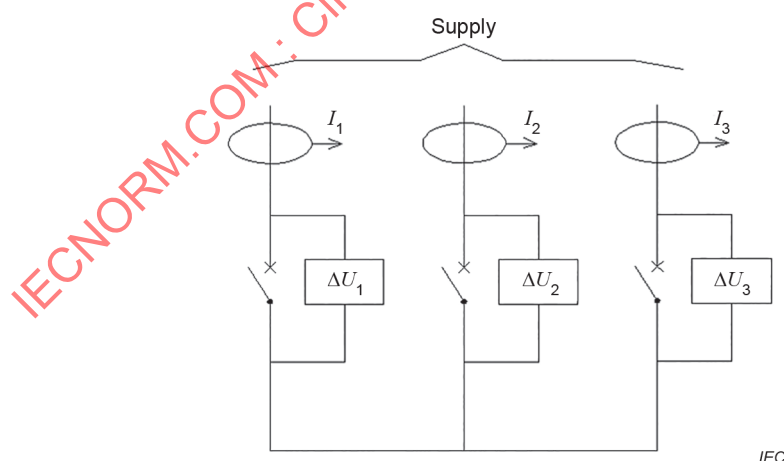
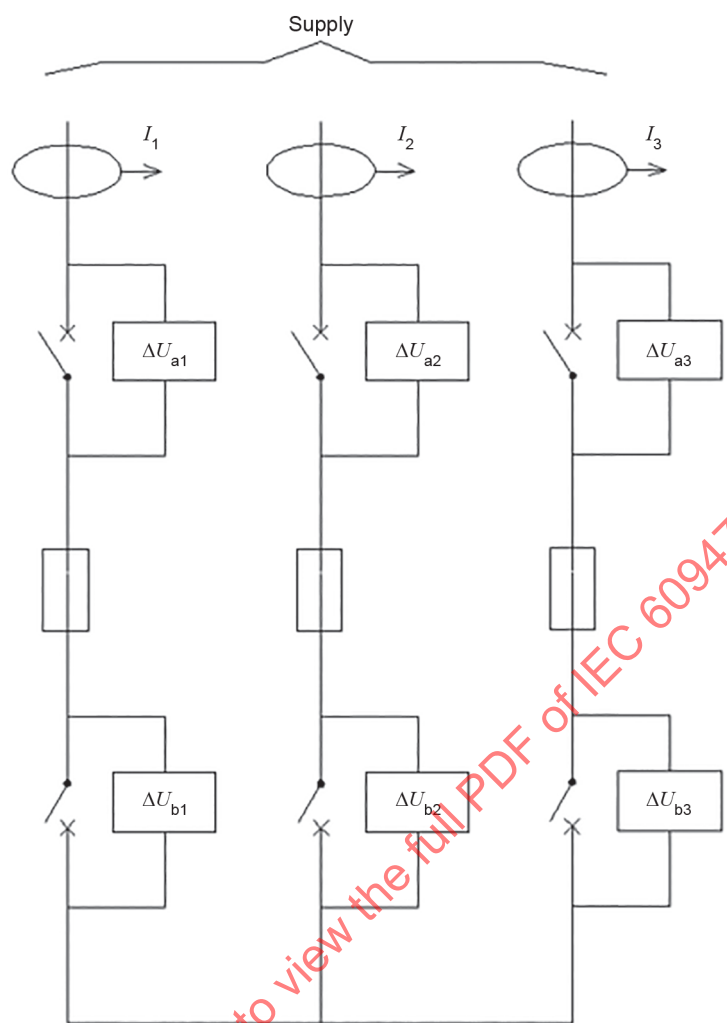
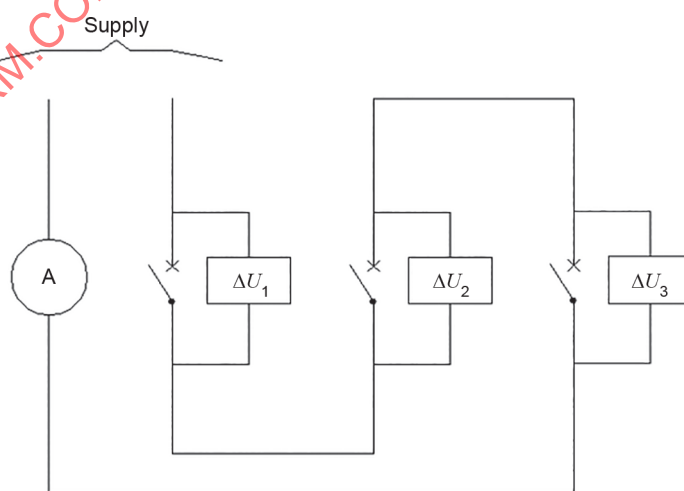


Figure F.1 – Example of power loss measurement according to F.2.2



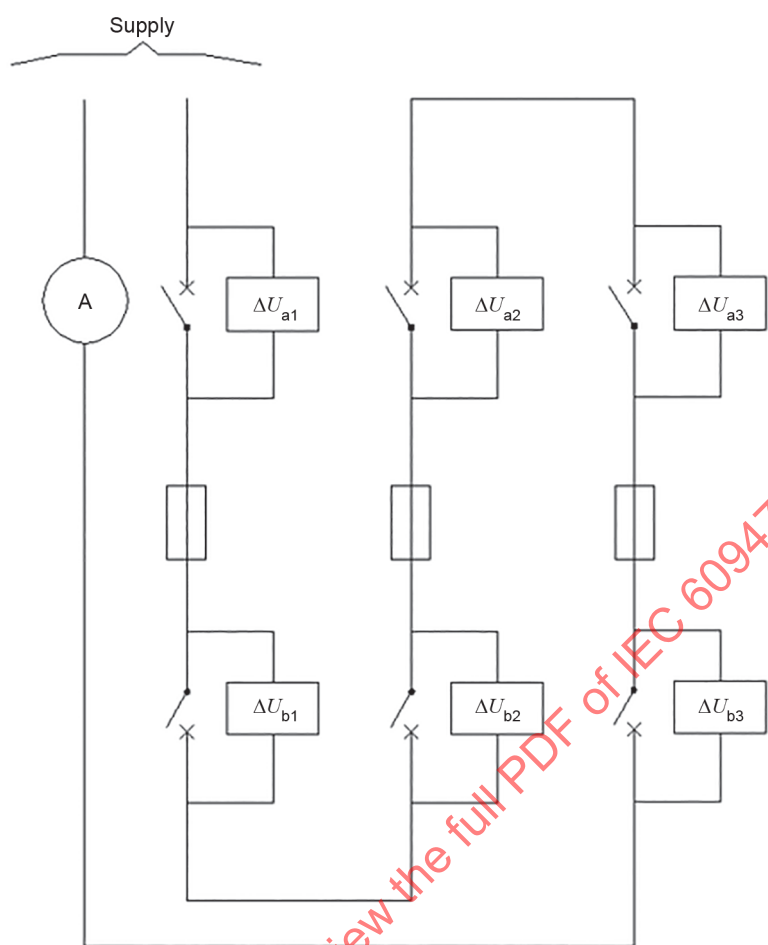
IEC

Figure F.2 – Example of power loss measurement according to F.2.3



IEC

Figure F.3 – Example of power loss measurement according to F.2.4



IEC

Figure F.4 – Example of power loss measurement according to F.2.5

Bibliography

IEC 60227-3:1993, *Polyvinyl chloride insulated cables of rated voltages up to and including 450/750 V – Part 3: Non-sheathed cables for fixed wiring*
IEC 60227-3:1993/AMD1:1997

IEC 60364-5-52, *Low-voltage electrical installations – Part 5-52: Selection and erection of electrical equipment – Wiring systems*

IEC 60364-7-712:2017, *Low voltage electrical installations – Part 7-712: Requirements for special installations or locations – Solar photovoltaic (PV) power supply systems*

IEC 60447:2004, *Basic and safety principles for man-machine interface, marking and identification – Actuating principles*

IEC 60617, *Graphical symbols for diagrams* (available at <http://std.iec.ch/iec60617>)

IEC 60664-1:2007, *Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 1: Principles, requirements and tests*

IEC TR 60664-2-1:2011, *Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 2-1: Application guide – Explanation of the application of the IEC 60664 series, dimensioning examples and dielectric testing*

IEC 60898-1:2015, *Electrical accessories – Circuit-breakers for overcurrent protection for household and similar installations – Part 1: Circuit-breakers for a.c. operation*

IEC 60947-2:2016, *Low-voltage switchgear and controlgear – Part 2: Circuit-breakers*

IEC 60947-4-1:2018, *Low-voltage switchgear and controlgear – Part 4-1: Contactors and motor-starters – Electromechanical contactors and motor-starters*

BIS IS 13947-1:1993 (R2004)¹, *Specification for low-voltage switchgear and controlgear – Part 1: General rules*

UL 486E, *Equipment wiring terminals for use with aluminium and/or copper conductors*

¹ Withdrawn.

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	99
INTRODUCTION	101
1 Domaine d'application	102
2 Références normatives	103
3 Termes, définitions et index des termes	104
3.1 Généralités	104
3.2 Index alphabétique des termes	104
3.3 Termes généraux	105
4 Classification	108
4.1 Suivant la catégorie d'emploi	108
4.2 Suivant le mode de manœuvre	108
4.2.1 Matériel manœuvré manuellement	108
4.2.2 Matériel manœuvré à distance	108
4.3 Suivant l'aptitude au sectionnement	108
4.4 Suivant le degré de protection assuré	108
4.5 Résumé des symboles des types de matériels	108
5 Caractéristiques	109
5.1 Énumération des caractéristiques	109
5.2 Type du matériel	109
5.3 Valeurs assignées et valeurs limites pour le circuit principal	110
5.3.1 Généralités	110
5.3.2 Tensions assignées	110
5.3.3 Courants	110
5.3.4 Fréquence assignée	110
5.3.5 Service assigné	110
5.3.6 Caractéristiques en conditions normales de charge et de surcharge	111
5.3.7 Caractéristiques de court-circuit	111
5.4 Catégorie d'emploi	112
5.5 Circuits de commande	113
5.6 Circuits auxiliaires	113
5.7 Relais et déclencheurs	113
5.8 Coordination avec les dispositifs de protection contre les courts-circuits (DPCC)	113
6 Informations sur le matériel	113
6.1 Nature des informations	113
6.2 Marquage	113
6.3 Instructions d'installation, de fonctionnement et d'entretien, mise hors service et démontage	115
7 Conditions normales de service, de montage et de transport	115
8 Exigences constructives et de performance	115
8.1 Exigences de construction	115
8.1.1 Généralités	115
8.2 Exigences de performance	117
8.2.1 Conditions de manœuvre	117
8.2.2 Échauffement	117
8.2.3 Propriétés diélectriques	117

8.2.4	Aptitude à l'établissement et à la coupure à vide et dans les conditions normales de charge et de surcharge	118
8.2.5	Aptitude à l'établissement, à la coupure ou à la tenue des courants de court-circuit	120
8.2.6	Vide	121
8.2.7	Exigences supplémentaires de fonctionnement pour les matériels aptes au sectionnement	121
8.2.8	Fonctionnement au courant critique de charge: Matériel en courant continu	121
8.2.9	Exigences de surcharge pour un matériel comprenant des fusibles	121
8.3	Compatibilité électromagnétique (CEM)	121
8.3.1	Généralités	121
8.3.2	Immunité	121
8.3.3	Emission	122
9	Essais	123
9.1	Nature des essais	123
9.1.1	Généralités	123
9.1.2	Essais de type	123
9.1.3	Essais individuels	123
9.1.4	Essais sur prélèvements	124
9.1.5	Essais spéciaux	124
9.2	Conformité aux exigences de construction	124
9.2.1	Généralités	124
9.3	Fonctionnement	125
9.3.1	Généralités	125
9.3.2	Séquences d'essais	125
9.3.3	Conditions générales pour les essais	126
9.3.4	Séquence d'essais I: caractéristiques générales de fonctionnement	129
9.3.5	Séquence d'essais II: aptitude au fonctionnement en service	134
9.3.6	Séquence d'essais III: aptitude au fonctionnement en court-circuit	136
9.3.7	Séquence d'essais IV: courant de court-circuit conditionnel	139
9.3.8	Séquence d'essais V: aptitude au fonctionnement en surcharge	143
9.3.9	Séquence d'essais VI: fonctionnement au courant critique de charge du matériel avec une caractéristique en courant continu	144
9.4	Essais de compatibilité électromagnétique	147
9.4.1	Généralités	147
9.4.2	Immunité	147
9.4.3	Emission	147
9.5	Essais spéciaux	147
9.5.1	Endurance mécanique et électrique	147
9.5.2	Durabilité mécanique	147
9.5.3	Durabilité électrique	148
9.5.4	Chaleur humide, brouillard salin, vibrations et chocs	148
Annexe A (normative)	Matériel pour la commande directe d'un seul moteur	149
A.1	Généralités	149
A.2	Service assigné	149
A.2.1	Service intermittent périodique ou service intermittent	149
A.2.2	Service temporaire	149
A.3	Pouvoirs de fermeture et de coupure	149
A.4	Catégorie d'emploi	149

A.5	Fonctionnement en service	152
A.6	Durabilité mécanique	153
A.7	Durabilité électrique	153
A.8	Vérification des pouvoirs de fermeture et de coupure	153
A.9	Essai de fonctionnement en service	153
A.10	Essais spéciaux	153
A.10.1	Généralités	153
A.10.2	Essai de durabilité mécanique	154
A.10.3	Essai de durabilité électrique	154
A.11	Fonctionnement au courant critique de charge du matériel en courant continu	155
Annexe B (informative) Points faisant l'objet d'un accord entre le constructeur et l'utilisateur		156
Annexe C (normative) Interrupteurs tripolaires à commande unipolaire		157
C.1	Généralités	157
C.2	Essais	158
C.3	Installation d'essai et séquence	158
C.3.1	Pouvoirs de fermeture et de coupure (9.3.4.4) et fonctionnement en service (9.3.5.2)	158
C.3.2	Essai de court-circuit avec protection par fusible (9.3.7.3)	158
C.4	Etat du matériel après les essais	158
C.5	Instructions d'utilisation	158
Annexe D (normative) Interrupteurs, sectionneurs, interrupteurs-sectionneurs et combinés-fusibles destinés à une utilisation dans les applications photovoltaïques (PV) en courant continu		159
D.1	Généralités	159
D.1.1	Informations de base	159
D.1.2	Objet	159
D.2	Références normatives	159
D.3	Termes et définitions	160
D.4	Classification	160
D.4.1	Suivant la catégorie d'emploi	160
D.5	Caractéristiques	160
D.6	Informations sur le matériel	161
D.7	Conditions normales de service, de montage et de transport	161
D.8	Exigences constructives et de performance	162
D.9	Essais	166
Annexe E (normative) Exigences supplémentaires pour l'appareillage à basse tension destiné à être raccordé à des conducteurs en aluminium		172
E.1	Objet	172
E.2	Références normatives	172
E.3	Termes, définitions et index des termes	172
E.4	Classification	173
E.5	Caractéristiques	173
E.6	Informations sur le matériel	173
E.6.1	Nature des informations	173
E.6.2	Marquage	173
E.6.3	Instructions d'installation, de fonctionnement et d'entretien, mise hors service et démontage	173
E.7	Conditions normales de service, de montage et de transport	174

E.8	Exigences constructives et de performance	174
E.9	Essais.....	174
E.9.1	Généralités	174
E.9.2	Essai de cycles thermiques	175
E.9.3	Propriétés mécaniques des bornes	181
E.9.4	Essai d'insertion des conducteurs ronds en aluminium non préparés ayant une section transversale maximale	182
Annexe F (informative)	Puissance dissipée	185
F.1	Généralités	185
F.2	Méthodes d'essais	185
F.2.1	Généralités	185
F.2.2	Cas général pour interrupteurs et/ou sectionneurs à courant alternatif.....	185
F.2.3	Cas général pour combinés-fusibles et fusibles-sectionneurs à courant alternatif	186
F.2.4	Interrupteurs et/ou sectionneurs de courant assigné ne dépassant pas 400 A.....	186
F.2.5	Combinés-fusibles et fusibles-sectionneurs de courant assigné ne dépassant pas 400 A	186
F.3	Procédure d'essai	187
Bibliographie.....		190
Figure C.1	– Dispositions typiques	157
Figure E.1	– Disposition générale pour l'essai	176
Figure E.2	– Montage des bornes pour l'essai de cycles thermiques.....	176
Figure F.1	– Exemple de mesure des puissances dissipées selon F.2.2.....	187
Figure F.2	– Exemple de mesure des puissances dissipées selon F.2.3.....	188
Figure F.3	– Exemple de mesure des puissances dissipées selon F.2.4.....	188
Figure F.4	– Exemple de mesure des puissances dissipées selon F.2.5.....	189
Tableau 1	– Résumé des définitions des matériels.....	109
Tableau 2	– Catégories d'emploi.....	112
Tableau 3	– Informations sur le matériel	114
Tableau 4	– Vérification des pouvoirs assignés de fermeture et de coupure (voir 9.3.4.4) – Conditions de fermeture et de coupure correspondant aux diverses catégories d'emploi.....	118
Tableau 5	– Vérification du fonctionnement en service – Nombre de cycles de manœuvres suivant le courant assigné d'emploi	119
Tableau 6	– Paramètres du circuit d'essai pour le Tableau 5	120
Tableau 7	– Essais d'immunité	122
Tableau 8	– Limites d'émission	122
Tableau 9	– Liste des essais de type applicables à un matériel donné	125
Tableau 10	– Schéma d'ensemble des séquences d'essais	126
Tableau 11	– Séquence d'essais I: caractéristiques générales de fonctionnement	130
Tableau 12	– Limites d'échauffement des bornes et des parties accessibles.....	133
Tableau 13	– Séquence d'essais II: aptitude au fonctionnement en service	134
Tableau 14	– Séquence d'essais III: aptitude au fonctionnement en court-circuit	136

Tableau 15 – Séquence d'essais IV: courant de court-circuit conditionnel – avec protection par disjoncteur.....	140
Tableau 16 – Séquence d'essais IV: courant de court-circuit conditionnel – avec protection par fusible	142
Tableau 17 – Séquence d'essais V: aptitude au fonctionnement en surcharge	144
Tableau 18 – Nombre de cycles de manœuvres correspondant au courant critique de charge	146
Tableau 19 – Paramètres du circuit d'essai pour le Tableau 18.....	146
Tableau 20 – Séquence d'essais VI: fonctionnement au courant critique de charge du matériel avec une caractéristique en courant continu	146
Tableau A.1 – Catégories d'emploi	150
Tableau A.2 – Pouvoirs assignés de fermeture et de coupure correspondant aux diverses catégories d'emploi.....	151
Tableau A.3 – Relation entre le courant coupé I_C et la durée de repos pour la vérification des pouvoirs assignés de fermeture et de coupure.....	152
Tableau A.4 – Fonctionnement en service – Conditions d'établissement et de coupure correspondant aux diverses catégories d'emploi	152
Tableau A.5 – Vérification du nombre de cycles de manœuvres en charge – Conditions d'établissement et de coupure correspondant aux diverses catégories d'emploi	155
Tableau D.1 – Catégories d'emploi	161
Tableau D.2 – Agencements de service	161
Tableau D.3 – Conditions environnementales	162
Tableau D.4 – Niveaux de tenue aux chocs assignés pour les interrupteurs PV, les sectionneurs PV, les interrupteurs sectionneurs PV ou les combinés fusibles PV	163
Tableau D.5 – Vérification des pouvoirs d'établissement et de coupure assignés (voir 9.3.4.4) – Conditions d'établissement et de coupure correspondant à la catégorie DC-PV	164
Tableau D.6 – Nombre de cycles de manœuvres	165
Tableau D.7 – Paramètres du circuit d'essai pour le Tableau D.6.....	165
Tableau D.8 – Schéma d'ensemble des séquences d'essais	167
Tableau D.9 – Nombre de cycles de manœuvres correspondant au courant critique de charge	169
Tableau D.10 – Paramètres du circuit d'essai pour le Tableau D.9.....	169
Tableau E.1 – Liste d'essais des connexions des bornes avec câbles en aluminium	175
Tableau E.2 – Longueur des conducteurs pour l'essai de cycles thermiques en fonction de la section des conducteurs.....	177
Tableau E.3 – Dimensions des égaliseurs.....	177
Tableau E.4 – Courant d'essai de démarrage pour l'essai de cycles thermiques	179
Tableau E.5 – Exemple de calcul du coefficient de stabilité	181
Tableau E.6 – Valeurs d'essai des essais de flexion et de traction pour les câbles	182
Tableau E.7 – Câbles d'essai en aluminium pour courants d'essai inférieurs à 800 A	183
Tableau E.8 – Barres d'essai en aluminium pour courants d'essai compris entre 150 A et 3 150 A.....	184

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

APPAREILLAGE À BASSE TENSION –**Partie 3: Interrupteurs, sectionneurs,
interrupteurs-sectionneurs et combinés-fusibles****AVANT-PROPOS**

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

La Norme internationale IEC 60947-3 a été établie par le sous-comité 121A: Appareillage à basse tension, du comité d'études 121 de l'IEC: Appareillages et ensembles d'appareillages basse tension.

Cette quatrième édition annule et remplace la troisième édition parue en 2008, l'Amendement 1:2012 et l'Amendement 2:2015. Cette édition constitue une révision technique.

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

- ajout d'essais de courant critique de charge pour interrupteurs à courant continu (voir 9.3.9);

- ajout d'exigences relatives à la caractéristique assignée de court-circuit conditionnel pour les sectionneurs, les interrupteurs et les interrupteurs-sectionneurs protégés par des disjoncteurs (voir 9.3.7.2);
- ajout de nouvelles catégories pour commande de moteurs à haut rendement (voir Annexe A);
- ajout d'une nouvelle Annexe E pour le raccordement à des conducteurs en aluminium;
- ajout d'une nouvelle Annexe F pour la mesure des puissances dissipées.

Le texte de cette Norme internationale est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
121A/340/FDIS	121A/354/RVD

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

Ce document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 60947, publiées sous le titre général *Appareillage à basse tension*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

Cette partie doit être utilisée conjointement avec la sixième édition de l'IEC 60947-1:2020 La numérotation des paragraphes est parfois discontinue, car elle se base sur l'IEC 60947-1:2020.

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

- reconduit,
- supprimé,
- remplacé par une édition révisée, ou
- amendé.

INTRODUCTION

Les dispositions des règles générales qui font l'objet de l'IEC 60947-1 s'appliquent au présent document lorsque celui-ci le précise. Les articles, paragraphes, tableaux, figures et annexes des règles générales qui sont ainsi applicables sont identifiés par référence à la sixième édition de l'IEC 60947-1:2020, par exemple 5.3.4.1 de l'IEC 60947-1:2020, Tableau 4 de l'IEC 60947-1:2020 ou Annexe A de l'IEC 60947-1:2020.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60947-3:2020

APPAREILLAGE À BASSE TENSION –

Partie 3: Interrupteurs, sectionneurs, interrupteurs-sectionneurs et combinés-fusibles

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 60947 s'applique à l'appareillage suivant: interrupteurs, sectionneurs, interrupteurs-sectionneurs, combinés-fusibles et leurs accessoires dédiés, destinés à être insérés dans des circuits de distribution et des circuits de moteurs dont la tension assignée est inférieure ou égale à 1 000 V en courant alternatif ou à 1 500 V en courant continu.

NOTE 1 Les accessoires sont: les organes d'interconnexion, les prises prolongées, les bobines internes, les contacts auxiliaires, l'actionneur motorisé, etc. proposés en option avec l'appareil de base.

Le présent document ne s'applique pas au matériel faisant partie du domaine d'application de l'IEC 60947-2, de l'IEC 60947-4-1 et de l'IEC 60947-5-1.

Les exigences particulières pour les interrupteurs, les sectionneurs, les interrupteurs-sectionneurs et les combinés-fusibles destinés à une utilisation dans les applications photovoltaïques (PV) en courant continu sont données dans l'Annexe D.

Les exigences spécifiques pour l'appareillage à basse tension destiné aux connexions des conducteurs en aluminium sont données dans l'Annexe E.

Des recommandations sur la mesure de la puissance dissipée sont fournies dans l'Annexe F.

Le présent document ne contient pas les exigences supplémentaires nécessaires au matériel électrique pour atmosphères explosives.

NOTE 2 Selon sa conception, un interrupteur (ou sectionneur) peut être appelé "interrupteur (sectionneur) rotatif", "interrupteur (sectionneur) à came", "interrupteur (sectionneur) à couteaux", etc.

NOTE 3 Dans le présent document, la dénomination "interrupteur" s'applique aussi aux appareils appelés en français "commutateurs" destinés à modifier les connexions de plusieurs circuits et, *notamment*, à substituer une portion de circuit à une autre.

NOTE 4 De façon générale, dans le texte du présent document les interrupteurs, les sectionneurs, les interrupteurs-sectionneurs et les combinés-fusibles seront appelés "matériel".

L'objet du présent document est de préciser:

- a) les caractéristiques du matériel;
- b) les conditions qui s'appliquent au matériel relativement:
 - 1) au fonctionnement et au comportement en service normal;
 - 2) au fonctionnement et au comportement en cas de conditions anormales spécifiées, par exemple en cas de court-circuit;
 - 3) aux propriétés diélectriques;
- c) les essais destinés à vérifier si ces conditions sont remplies et les méthodes qui sont adoptées pour ces essais;
- d) les indications pertinentes pour le marquage du matériel, ou celles fournies par le constructeur, par exemple dans le catalogue.

Les points spécifiques exigeant un accord entre l'utilisateur et le constructeur sont identifiés dans l'Annexe B.

2 Références normatives

Les documents suivants cités dans le texte constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

IEC 60050-441, *Vocabulaire Electrotechnique International – Partie 441: Appareillage et fusibles* (disponible à l'adresse <http://www.electropedia.org>)

IEC 60034-12:2016, *Machines électriques tournantes – Partie 12: Caractéristiques de démarrage des moteurs triphasés à induction à cage à une seule vitesse*

IEC 60034-30-1:2014, *Machines électriques tournantes – Partie 30-1: Classes de rendement pour les moteurs à courant alternatif alimentés par le réseau (code IE)*

IEC 60228:2004, *Ames des câbles isolés*

IEC 60269 (toutes les parties), *Fusibles basse tension*

IEC 60417, *Symboles graphiques utilisables sur le matériel* (disponible à l'adresse <http://www.graphical-symbols.info/equipment>)

IEC 60695-2-11:2014, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 2-11: Essais au fil incandescent/chauffant – Méthode d'essai d'inflammabilité pour produits finis (GWEPT)*

IEC 60947-1:2020, *Appareillage à basse tension – Partie 1: Règles générales*

IEC 60947-5-1:2016, *Appareillage à basse tension – Partie 5-1: Appareils et éléments de commutation pour circuits de commande – Appareils électromécaniques pour circuits de commande*

IEC 61000-4-2:2008, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-2: Techniques d'essai et de mesure – Essais d'immunité aux décharges électrostatiques*

IEC 61000-4-3:2006, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-3: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité aux champs électromagnétiques rayonnés aux fréquences radioélectriques*

IEC 61000-4-3:2006/AMD1:2007

IEC 61000-4-3:2006/AMD2:2010

IEC 61000-4-4:2012, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-4: Techniques d'essai et de mesure – Essais d'immunité aux transitoires électriques rapides en sèves*

IEC 61000-4-5:2014, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-5: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité aux ondes de choc*

IEC 61000-4-5:2014/AMD1:2017

IEC 61000-4-6:2013, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-6: Techniques d'essai et de mesure – Immunité aux perturbations conduites, induites par les champs radioélectriques*

IEC 61545:1996, *Dispositifs de connexion – Dispositifs pour la connexion des câbles en aluminium dans des organes de serrage en matière quelconque et des câbles en cuivre dans des organes de serrage en aluminium*

IEC 62208:2011, *Enveloppes vides destinées aux ensembles d'appareillages à basse tension – Exigences générales*

IEC 62475:2010, *Techniques des essais à haute intensité – Définitions et exigences relatives aux courants d'essai et systèmes de mesure*

ISO 2859-1:1999, *Règles d'échantillonnage pour les contrôles par attributs – Partie 1: Procédures d'échantillonnage pour les contrôles lot par lot, indexés d'après le niveau de qualité acceptable (NQA)*

ISO 2859-1:1999/AMD1:2011

CISPR 11:2015, *Appareils industriels, scientifiques et médicaux – Caractéristiques des perturbations radioélectriques – Limites et méthodes de mesure*

CISPR 11:2015/AMD1:2016

CISPR 32:2015, *Compatibilité électromagnétique des équipements multimédia – Exigences d'émission*

3 Termes, définitions et index des termes

3.1 Généralités

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions de l'IEC 60050-441 et l'IEC 60947-1, ainsi que les suivants, s'appliquent.

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <http://www.iso.org/obp>

3.2 Index alphabétique des termes

Références

C

Combiné-fusibles 3.3.2

F

Fusible-sectionneur 3.3.6
 Fusible-sectionneur à coupure unique..... 3.3.6.1
 Fusible-sectionneur à coupure double..... 3.3.6.2
 Fusible-interrupteur 3.3.4
 Fusible-interrupteur à coupure unique..... 3.3.4.1
 Fusible-interrupteur à coupure double..... 3.3.4.2
 Fusible-interrupteur-sectionneur 3.3.8
 Fusible-interrupteur-sectionneur à coupure unique 3.3.8.1
 Fusible-interrupteur-sectionneur à coupure double 3.3.8.2

I

Interrupteur tripolaire à commande unipolaire	3.3.9
Interrupteur-sectionneur à fusibles	3.3.7
Interrupteur-sectionneur à fusibles à coupure unique	3.3.7.1
Interrupteur-sectionneur à fusibles à coupure double	3.3.7.2
Interrupteur à fusibles	3.3.3
Interrupteur à fusibles à coupure unique	3.3.3.1
Interrupteur à fusibles à coupure double	3.3.3.2

M

Manœuvre semi-indépendante manuelle	3.3.10
---	--------

S

Sectionneur	3.3.1
Sectionneur à fusibles	3.3.5
Sectionneur à fusibles à coupure unique	3.3.5.1
Sectionneur à fusibles à coupure double	3.3.5.2

3.3 Termes généraux

3.3.1

sectionneur

appareil mécanique de connexion qui satisfait, en position d'ouverture, aux exigences spécifiées pour la fonction de sectionnement

Note 1 à l'article: Un sectionneur est capable d'ouvrir ou de fermer un circuit lorsque, soit un courant négligeable est interrompu ou établi, soit il ne se produit aucun changement notable de la tension aux bornes de chaque pôle du sectionneur. Il est également capable de transporter des courants dans des conditions normales et de transporter, pour une durée spécifiée, des courants dans des conditions anormales telles qu'un court-circuit.

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-14-05, modifié – référence à la fonction de sectionnement plutôt qu'à la distance de sectionnement]

3.3.2

combiné-fusibles

combinaison en un seul appareil, assemblé par le constructeur ou selon ses instructions, d'un appareil mécanique de connexion et d'un ou plusieurs fusibles

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-14-04, modifié – la note a été supprimée]

3.3.3

interrupteur à fusibles

interrupteur dans lequel un ou plusieurs pôles comportent un fusible en série dans un appareil combiné

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-14-14]

3.3.3.1

interrupteur à fusibles à coupure unique

interrupteur à fusibles qui produit une coupure du circuit sur un côté de l'élément de remplacement uniquement

Note 1 à l'article: Du fait de cette disposition, des précautions de sécurité peuvent être nécessaires lorsque l'on retire les éléments de remplacement.

3.3.3.2

interrupteur à fusibles à coupure double

interrupteur à fusibles qui produit une coupure du circuit des deux côtés de l'élément de remplacement

Note 1 à l'article: Du fait de cette disposition, des précautions de sécurité peuvent être nécessaires lorsque l'on retire les éléments de remplacement.

3.3.4

fusible-interrupteur

interrupteur dans lequel un élément de remplacement ou un porte-fusible avec son élément de remplacement forme le contact mobile

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-14-17]

3.3.4.1

fusible-interrupteur à coupure unique

fusible-interrupteur qui produit une coupure du circuit sur un côté de l'élément de remplacement uniquement

Note 1 à l'article: Du fait de cette disposition, des précautions de sécurité peuvent être nécessaires lorsque l'on retire les éléments de remplacement.

3.3.4.2

fusible-interrupteur à coupure double

fusible-interrupteur qui produit une coupure du circuit des deux côtés de l'élément de remplacement

Note 1 à l'article: Du fait de cette disposition, des précautions de sécurité peuvent être nécessaires lorsque l'on retire les éléments de remplacement.

3.3.5

sectionneur à fusibles

sectionneur dans lequel un ou plusieurs pôles comportent un fusible en série dans un appareil combiné

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-14-15]

3.3.5.1

sectionneur à fusibles à coupure unique

sectionneur à fusibles qui produit une coupure du circuit sur au moins un côté l'élément de remplacement, qui satisfait aux exigences spécifiées pour la fonction de sectionnement

Note 1 à l'article: Du fait de cette disposition, des précautions de sécurité peuvent être nécessaires lorsque l'on retire les éléments de remplacement.

3.3.5.2

sectionneur à fusibles à coupure double

sectionneur à fusibles qui produit une coupure du circuit qui satisfait aux exigences spécifiées pour la fonction de sectionnement des deux côtés de l'élément de remplacement

3.3.6

fusible-sectionneur

sectionneur dans lequel un élément de remplacement ou un porte-fusible avec son élément de remplacement forme le contact mobile

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-14-18]

3.3.6.1

fusible-sectionneur à coupure unique

fusible-sectionneur qui produit une coupure du circuit sur au moins un côté de l'élément de remplacement, qui satisfait aux exigences spécifiées pour la fonction de sectionnement

Note 1 à l'article: Du fait de cette disposition, des précautions de sécurité peuvent être nécessaires lorsque l'on retire les éléments de remplacement.

3.3.6.2**fusible-sectionneur à coupure double**

fusible-sectionneur qui produit une coupure du circuit, qui satisfait aux exigences spécifiées pour la fonction de sectionnement, des deux côtés de l'élément de remplacement

3.3.7**interrupteur-sectionneur à fusibles**

interrupteur-sectionneur dans lequel un ou plusieurs pôles comportent un fusible en série dans un appareil combiné

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-14-16]

3.3.7.1**interrupteur-sectionneur à fusibles à coupure unique**

interrupteur-sectionneur à fusibles qui produit une coupure du circuit sur au moins un côté de l'élément de remplacement, qui satisfait aux exigences spécifiées pour la fonction de sectionnement

Note 1 à l'article: Du fait de cette disposition, des précautions de sécurité peuvent être nécessaires lorsque l'on retire les éléments de remplacement.

3.3.7.2**interrupteur-sectionneur à fusibles à coupure double**

interrupteur-sectionneur à fusibles qui produit une coupure du circuit des deux côtés de l'élément de remplacement, qui satisfait aux exigences spécifiées pour la fonction de sectionnement

3.3.8**fusible-interrupteur-sectionneur**

interrupteur-sectionneur dans lequel un élément de remplacement ou un porte-fusible avec son élément de remplacement forme le contact mobile

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-14-19]

3.3.8.1**fusible-interrupteur-sectionneur à coupure unique**

fusible-interrupteur-sectionneur qui produit une coupure du circuit sur au moins un côté de l'élément de remplacement, qui satisfait aux exigences spécifiées pour la fonction de sectionnement

Note 1 à l'article: Du fait de cette disposition, des précautions de sécurité peuvent être nécessaires lorsque l'on retire les éléments de remplacement.

3.3.8.2**fusible-interrupteur-sectionneur à coupure double**

fusible-interrupteur-sectionneur qui produit une coupure du circuit des deux côtés de l'élément de remplacement, qui satisfait aux exigences spécifiées pour la fonction de sectionnement

3.3.9**interrupteur tripolaire à commande unipolaire**

dispositif comprenant trois interrupteurs unipolaires manœuvrables individuellement selon le présent document, caractérisé comme appareil complet destiné à être utilisé dans un système triphasé

Note 1 à l'article: Ces dispositifs sont destinés aux systèmes de distribution de puissance dans lesquels il peut être nécessaire de commuter et/ou sectionner une phase individuelle; il convient de ne pas les utiliser pour la commutation du circuit primaire d'un matériel triphasé.

3.3.10**manœuvre semi-indépendante manuelle**

manœuvre effectuée exclusivement au moyen d'une énergie manuelle appliquée directement, la force manuelle augmentant jusqu'à une valeur limite au-delà de laquelle la manœuvre indépendante de commutation s'effectue, sauf si elle est retardée intentionnellement par l'opérateur

4 Classification**4.1 Suivant la catégorie d'emploi**

Voir 5.4.

4.2 Suivant le mode de manœuvre**4.2.1 Matériel manœuvré manuellement**

- manœuvre dépendante manuelle (voir 3.6.12 de l'IEC 60947-1:2020);
- manœuvre indépendante manuelle (voir 3.6.15 de l'IEC 60947-1:2020);
- manœuvre semi-indépendante manuelle (voir 3.3.10).

4.2.2 Matériel manœuvré à distance

A l'étude.

4.3 Suivant l'aptitude au sectionnement

- apte au sectionnement (voir 8.1.7 de l'IEC 60947-1:2020);
- inapte au sectionnement.

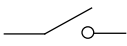
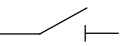
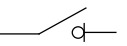
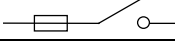
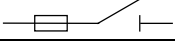
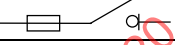
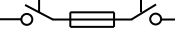
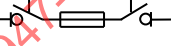
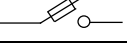
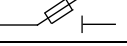
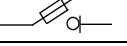
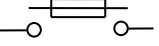
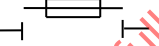
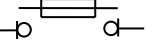
4.4 Suivant le degré de protection assuré

Voir 8.1.12 de l'IEC 60947-1:2020.

4.5 Résumé des symboles des types de matériels

Un résumé des définitions du matériel et des diagrammes correspondants est donné dans le Tableau 1.

Tableau 1 – Résumé des définitions des matériels

Fonctions		
Etablissement et coupure du courant	Sectionnement	Etablissement, coupure et sectionnement
Interrupteur 	Sectionneur 	Interrupteur-sectionneur 
Combiné-fusibles		
Interrupteur à fusibles à coupure unique ^a 	Sectionneur à fusibles à coupure unique ^a 	Interrupteur-sectionneur à fusibles à coupure unique ^a 
Interrupteur à fusibles à coupure double ^b 	Sectionneur à fusibles à coupure double 	Interrupteur-sectionneur à fusibles à coupure double ^b 
Fusible-interrupteur à coupure unique ^a 	Fusible-sectionneur à coupure unique ^a 	Fusible-interrupteur-sectionneur à coupure unique ^a 
Fusible-interrupteur à coupure double ^b 	Fusible-sectionneur à coupure double 	Fusible-interrupteur-sectionneur à coupure double ^b 
NOTE Le matériel représenté comme étant à coupure unique peut comprendre plusieurs ouvertures en série.		
^a Le fusible peut se trouver de n'importe quel côté des contacts du matériel. ^b Selon la conception, la coupure peut avoir lieu sur un côté ou sur les deux côtés de l'élément de remplacement.		

5 Caractéristiques

5.1 Enumération des caractéristiques

Les caractéristiques applicables du 3.10 de l'IEC 60947-1:2020 s'appliquent, avec l'ajout suivant:

Les caractéristiques du matériel doivent être indiquées de la façon suivante:

- type du matériel (voir 5.2);
- valeurs assignées et valeurs limites du circuit principal (voir 5.3);
- catégorie d'emploi (voir 5.4);
- circuits de commande (voir 5.5);
- circuits auxiliaires (voir 5.6).

5.2 Type du matériel

Les informations suivantes doivent être indiquées:

- le nombre de pôles;
- la nature du courant (courant alternatif ou courant continu);
- dans le cas du courant alternatif, le nombre de phases et la fréquence assignée;
- le nombre de positions des contacts principaux (s'il en existe plus de deux);

- la disposition de coupure pour les dispositifs à fusibles (coupure simple ou double).

5.3 Valeurs assignées et valeurs limites pour le circuit principal

5.3.1 Généralités

Les valeurs assignées sont fixées par le constructeur. Elles doivent être indiquées conformément à 5.3.2 à 5.3.7.4, en notant que certaines des valeurs assignées peuvent ne pas s'appliquer.

5.3.2 Tensions assignées

5.3.2.1 Tension assignée d'emploi (U_e)

Le paragraphe 5.3.1.1 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique.

5.3.2.2 Tension assignée d'isolement (U_i)

Le paragraphe 5.3.1.2 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique.

5.3.2.3 Tension assignée de tenue aux chocs (U_{imp})

Le paragraphe 5.3.1.3 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique.

5.3.3 Courants

5.3.3.1 Généralités

Le matériel est défini par les courants suivants.

5.3.3.2 Courant thermique conventionnel à l'air libre (I_{th})

Le paragraphe 5.3.2.1 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique.

5.3.3.3 Courant thermique conventionnel sous enveloppe (I_{the})

Le paragraphe 5.3.2.2 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique.

5.3.3.4 Courant assigné d'emploi (I_e) (ou puissance assignée d'emploi)

Le paragraphe 5.3.2.3 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique.

5.3.3.5 Courant assigné ininterrompu (I_u)

Le paragraphe 5.3.2.4 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique.

5.3.4 Fréquence assignée

Le paragraphe 5.3.3 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique.

5.3.5 Service assigné

5.3.5.1 Généralités

Les services assignés considérés comme normaux sont les suivants.

5.3.5.2 Service continu (service de 8 h)

Le paragraphe 5.3.4.1 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique.

5.3.5.3 Service ininterrompu

Le paragraphe 5.3.4.2 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique.

5.3.6 Caractéristiques en conditions normales de charge et de surcharge

5.3.6.1 Aptitude à supporter les courants de surcharge occasionnés par le démarrage de moteurs

Voir Annexe A.

5.3.6.2 Pouvoir assigné de fermeture

Le paragraphe 5.3.5.2 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique avec les ajouts suivants:

Le pouvoir assigné de fermeture est exprimé en fonction de la tension assignée d'emploi et du courant assigné d'emploi, ainsi que de la catégorie d'emploi, conformément au Tableau 4.

Ne s'applique pas aux matériels AC-20 ou DC-20.

5.3.6.3 Pouvoir assigné de coupure

Le paragraphe 5.3.5.3 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique avec les ajouts suivants:

Le pouvoir assigné de coupure est exprimé en fonction de la tension assignée d'emploi et du courant assigné d'emploi, ainsi que de la catégorie d'emploi, conformément au Tableau 4.

Ne s'applique pas aux matériels AC-20 ou DC-20.

5.3.7 Caractéristiques de court-circuit

5.3.7.1 Courant assigné de courte durée admissible (I_{cw})

Le courant assigné de courte durée admissible d'un interrupteur, d'un sectionneur ou d'un interrupteur-sectionneur est la valeur du courant de courte durée admissible, fixée par le constructeur, que le matériel peut supporter sans aucun dommage dans les conditions d'essai de 9.3.6.2.

La valeur du courant assigné de courte durée admissible ne doit pas être inférieure à douze fois le courant assigné d'emploi maximal. La durée du courant doit être 1 s, sauf indication contraire du constructeur.

Dans le cas du courant alternatif, la valeur du courant, I_{cw} , est la valeur efficace de la composante alternative et il est admis que la valeur de crête maximale susceptible d'être atteinte ne dépasse pas n fois cette valeur efficace, le facteur n étant donné dans le Tableau 16 de l'IEC 60947-1:2020.

5.3.7.2 Pouvoir assigné de fermeture en court-circuit (I_{cm})

Le paragraphe 5.3.6.2 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique avec l'ajout de la note suivante:

NOTE I_{cm} ne s'applique pas aux dispositifs à fusibles.

5.3.7.3 Vide

5.3.7.4 Courant conditionnel de court-circuit assigné (I_q , en variante I_{cc})

Le paragraphe 5.3.6.4 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique.

5.4 Catégorie d'emploi

Les catégories d'emploi définissent les applications prévues et figurent dans le Tableau 2.

Chaque catégorie d'emploi est caractérisée par les valeurs des courants et des tensions, exprimées en multiples du courant assigné d'emploi et de la tension assignée d'emploi, ainsi que par les facteurs de puissance ou les constantes de temps du circuit. Les conditions de fermeture et de coupure données dans le Tableau 4 correspondent en principe aux applications énumérées dans le Tableau 2.

La désignation des catégories d'emploi est complétée par le suffixe A ou le suffixe B suivant que les applications prévues demandent des manœuvres fréquentes ou des manœuvres non fréquentes (voir Tableau 5).

Les catégories d'emploi comportant le suffixe B conviennent aux appareils qui, en raison de leur conception ou de leur utilisation, ne sont prévus que pour des manœuvres non fréquentes. Cela pourrait, par exemple, être le cas d'un sectionneur qui n'est manœuvré que pour effectuer un sectionnement pour des travaux d'entretien, ou d'appareils de connexion dont la lame de l'élément de remplacement constitue le contact mobile.

La distinction entre manœuvres fréquentes et manœuvres non fréquentes est basée sur la caractéristique assignée de fonctionnement déclarée par le constructeur et le nombre de cycles de manœuvres utilisé comme critère d'essai dans le Tableau 5.

Pour un courant assigné particulier d'emploi, I_e , un appareil sera désigné pour usage fréquent (catégorie A) si le nombre de cycles de manœuvres déclaré par le constructeur est supérieur ou égal au nombre de cycles de manœuvres indiqué dans les colonnes 3, 4 et 5 du Tableau 5.

Tableau 2 – Catégories d'emploi

Nature du courant	Catégories d'emploi		Applications caractéristiques
	Catégorie A	Catégorie B	
Courant alternatif	AC-20A ^a	AC-20B ^a	– Fermeture et ouverture à vide
	AC-21A	AC-21B	– Charges résistives, y compris surcharges modérées
	AC-22A	AC-22B	– Charges mixtes résistives et inductives, y compris surcharges modérées
	AC-23A	AC-23B	– Charges constituées par des moteurs ou autres charges fortement inductives
	AC-23Ae	AC-23Be	– Charges constituées par des moteurs ou autres charges fortement inductives ^b
Courant continu	DC-20A ^a	DC-20B ^a	– Fermeture et ouverture à vide
	DC-21A	DC-21B	– Charges résistives, y compris surcharges modérées
	DC-22A	DC-22B	– Charges mixtes résistives et inductives, y compris surcharges modérées (par exemple moteurs shunt)
	DC-23A	DC-23B	– Charges fortement inductives (par exemple moteurs série)
^a Ces catégories d'emploi ne sont pas admises aux Etats-Unis. ^b Exigences données par les moteurs asynchrones de conception NE et HE, conformément à l'IEC 60034-12, ayant respectivement une puissance apparente et un courant à rotor bloqué prolongé/supérieur à ceux des modèles N et H, pour atteindre une classe de rendement supérieure conformément aux exigences de l'IEC 60034-30-1.			

La catégorie AC-23 comprend la commande occasionnelle d'un seul moteur. La commande de condensateurs ou de lampes à filament de tungstène doit faire l'objet d'un accord entre le constructeur et l'utilisateur.

Les catégories d'emploi mentionnées dans le Tableau 2 et le Tableau 4 ne s'appliquent pas à un matériel normalement utilisé pour assurer le démarrage, l'accélération et/ou l'arrêt d'un seul moteur. Les catégories d'emploi pour un tel matériel sont traitées dans l'Annexe A.

5.5 Circuits de commande

Le paragraphe 5.5 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique.

5.6 Circuits auxiliaires

Le paragraphe 5.6 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique.

5.7 Relais et déclencheurs

Le paragraphe 5.7 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique.

5.8 Coordination avec les dispositifs de protection contre les courts-circuits (DPCC)

Le paragraphe 5.8 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique.

6 Informations sur le matériel

6.1 Nature des informations

Le paragraphe 6.1 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique selon le cas pour un modèle particulier.

6.2 Marquage

Les informations sur le matériel doivent être fournies de façon indélébile et lisible comme indiqué au Tableau 3.

Tableau 3 – Informations sur le matériel

Point	Informations	Emplacement du marquage ^a
1	Indication de la position d'ouverture et de la position de fermeture. Si des symboles sont utilisés, la position d'ouverture doit être indiquée par le symbole graphique IEC 60417-5008:2002-10 et la position de fermeture par le symbole graphique IEC 60417-5007:2002-10 (voir 8.1.6.1 de l'IEC 60947-1:2020).	Visible
2	Aptitude au sectionnement. Les symboles appropriés du Tableau 1 doivent être utilisés.	Visibles
3	Marquage supplémentaire des sectionneurs. Les appareils de catégorie d'emploi AC-20A, AC-20B, DC-20A, DC-20B et DC-PV0 doivent porter la mention "Ne pas manœuvrer en charge" adjacente à ces catégories, à moins que l'appareil ne soit muni d'un moyen de verrouillage empêchant une telle manœuvre.	Visible
4	Nom du constructeur ou sa marque de fabrique.	Marquée
5	Désignation du type ou référence.	Marquée
6	Courants assignés d'emploi (ou puissances assignées) avec la tension assignée d'emploi et la catégorie d'emploi correspondantes (voir 5.3.2, 5.3.3 et Article 5 et/ou D.5.4).	Marquée
7	Valeur (ou plage) de la fréquence assignée, ou indication "continu" (ou le symbole  conformément à l'IEC 60417-5031:2002-10).	Marquée
8	Pour les combinés-fusibles, les caractéristiques du type de fusibles, le courant assigné maximal des fusibles et la puissance dissipée maximale de l'élément de remplacement.	Marqués ^b
9	IEC 60947-3, si le constructeur déclare la conformité au présent document.	Marquée
10	Degré de protection du matériel sous enveloppe (voir Annexe C de l'IEC 60947-1:2020).	Marqué
11	Les bornes doivent être identifiées "sortie" et "entrée", à moins que le raccordement n'ait pas d'importance (voir 9.3.4.4.1).	Marquées
12	La borne du pôle neutre, s'il y a lieu, doit être identifiée par la lettre "N" (voir 8.1.8.4 de l'IEC 60947-1:2020).	Marquée
13	La borne de terre de protection doit être identifiée par le symbole  IEC 60417-5019:2006-08 (voir 8.1.10.3 de l'IEC 60947-1:2020).	Marquée
14	Tension assignée d'isolement.	Documentation
15	Tension assignée de tenue aux chocs pour les matériels aptes au sectionnement, ou lorsqu'elle est déterminée.	Documentation
16	Degré de pollution, s'il est différent de 3.	Documentation
17	Service assigné (voir 5.3.5 et Article A.2).	Documentation
18	Courant assigné de courte durée admissible et sa durée, le cas échéant.	Documentation
19	Pouvoir assigné de fermeture en court-circuit, le cas échéant.	Documentation
20	Courant conditionnel de court-circuit assigné le cas échéant.	Documentation
21	Schéma et méthode de branchement en série des pôles des appareils mécaniques de commutation pour chaque valeur opérationnelle, le cas échéant.	Documentation
22	Pour les interrupteurs conformes à l'Annexe D: raccordement approprié au générateur PV et à sa charge, s'il y a lieu.	Documentation
23	Polarités "+" et "-", s'il y a lieu.	Marquée
24	Pour les appareils conformes à l'Annexe D: adapté à l'usage intérieur ou extérieur.	Documentation

- ^a Les marquages sont définis comme suit:
- | | |
|----------------|--|
| Visible: | visible de face lorsque l'appareil est installé de la même façon qu'en service conformément aux instructions du constructeur et l'organe de commande est accessible et utilisable; |
| Marqué: | marqué sur le produit; |
| Documentation: | dans la documentation du constructeur. |
- Les informations concernant les auxiliaires doivent être portées sur l'auxiliaire ou le produit. Si la place est insuffisante, les données doivent être fournies dans la documentation du constructeur.
- ^b Elles doivent être visibles après l'installation du produit conformément aux instructions du constructeur, mais elles ne doivent pas nécessairement être visibles de face.

6.3 Instructions d'installation, de fonctionnement et d'entretien, mise hors service et démontage

Le paragraphe 6.3 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique avec l'ajout suivant:

Lorsque des émissions dangereuses, y compris des émissions optiques, sont produites pendant les manœuvres de commutation, les recommandations données dans les instructions du constructeur en ce qui concerne l'installation et/ou l'utilisation d'équipements de protection individuelle (EPI) doivent être observées.

7 Conditions normales de service, de montage et de transport

L'Article 7 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique avec le remplacement de l'alinéa sous l'en-tête "Degré de pollution normal pour les applications industrielles:" en 7.1.3.2 "Degré de pollution" par:

Sauf spécification contraire du constructeur, le matériel est prévu pour être installé dans les conditions d'environnement du degré de pollution 3.

8 Exigences constructives et de performance

8.1 Exigences de construction

8.1.1 Généralités

Le paragraphe 8.1 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique avec les ajouts suivants:

Les exigences spécifiques pour l'appareillage à basse tension destiné aux connexions des conducteurs en aluminium sont données dans l'Annexe E.

Quand les interrupteurs et les combinés-fusibles faisant partie du domaine d'application du présent document sont normalement utilisés pour assurer le démarrage, l'accélération et/ou l'arrêt d'un seul moteur, ils doivent aussi répondre aux exigences supplémentaires figurant à l'Annexe A.

Les exigences pour les interrupteurs tripolaires à commande unipolaire se trouvent à l'Annexe C.

Les interrupteurs auxiliaires montés sur du matériel faisant partie du domaine d'application du présent document doivent satisfaire aux exigences de l'IEC 60947-5-1.

8.1.2.2 Essais au fil incandescent

Le paragraphe 8.1.2.2 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique avec les modifications et ajouts suivants:

Les pièces en matériau isolant nécessaires au maintien en position des parties transportant le courant doivent satisfaire à l'essai au fil incandescent de 9.2.2.1 de l'IEC 60947-1:2020 aux températures d'essai suivantes:

- parties principales transportant le courant: 960 °C.
- parties auxiliaires transportant le courant: 850 °C.

Les exigences de 8.1.2.2 de l'IEC 60947-1:2020 ne s'appliquent pas aux pièces dont la masse est inférieure à 2 g (masse négligeable tel que défini en 3.14 de l'IEC 60695-2-11:2014). Pour les produits contenant plusieurs petites pièces, la masse totale des pièces non soumises à essai situées à proximité les unes des autres ne doit pas dépasser 10 g. La proximité doit être fondée sur un jugement technique tenant compte du risque de propagation du feu.

8.1.7 Exigences supplémentaires pour les matériels aptes au sectionnement

8.1.7.1 Généralités

Le paragraphe 8.1.7 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique avec les ajouts suivants:

8.1.7.2 Exigences de construction supplémentaires

Le matériel doit être marqué conformément au Tableau 3, point 2.

Lorsqu'il n'existe aucune indication de la position des contacts, par exemple au moyen de l'organe de manœuvre ou d'un indicateur séparé, tous les contacts principaux doivent être nettement visibles en position d'ouverture.

La robustesse du mécanisme transmetteur et la fiabilité de l'indication de la position d'ouverture doivent être vérifiées conformément à 9.2.6. En outre, lorsqu'il existe des dispositifs fournis par le constructeur, pour verrouiller le matériel en position d'ouverture, le verrouillage ne doit être possible que si les contacts principaux sont en position d'ouverture (voir 9.2.6).

Cette exigence n'est pas applicable au matériel dont les contacts principaux sont visibles en position d'ouverture et/ou la position d'ouverture est indiquée par des moyens autres que l'organe de commande.

NOTE Le verrouillage en position de fermeture peut être exigé pour des applications particulières.

L'intervalle de coupure entre les contacts ouverts d'un même pôle en position d'ouverture ne doit pas être inférieur aux distances d'isolement minimales figurant dans le Tableau 13 de l'IEC 60947-1:2020 et il doit également répondre aux exigences de 8.2.3.2, point 1) b) de l'IEC 60947-1:2020.

8.1.9 Exigences supplémentaires pour les matériels dotés d'un pôle neutre

Le paragraphe 8.1.9 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique à l'exception du quatrième alinéa.

8.2 Exigences de performance

8.2.1 Conditions de manœuvre

8.2.1.1 Généralités

Le paragraphe 8.2.1.1 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique avec les ajouts suivants:

Les exigences suivantes s'appliquent aux fusibles-interrupteurs, fusibles-sectionneurs et aux fusibles-interrupteurs-sectionneurs dont le pouvoir assigné de fermeture en court-circuit excède 10 kA et pour lesquels la manœuvre de fermeture est faite par une commande manuelle directe sans interposition de mécanisme (pour manœuvre dépendante et semi-indépendante manuelle, voir 3.6.12 de l'IEC 60947-1:2020 et 3.3.10).

La vitesse d'essai pour les manœuvres de fermeture spécifiée en 9.3.7.3 doit être déterminée comme suit:

- a) Le matériel doit subir 15 manœuvres manuelles à vide selon les instructions du constructeur, 5 manœuvres chacune, par trois personnes. La vitesse de l'organe de commande manuelle au moment de la fermeture des contacts (fermeture du dernier contact) doit être déterminée par un oscillographe ou tout autre moyen approprié à toute partie convenable du système.

Le point de mesure et la vitesse à ce point de mesure doivent être notés dans le rapport d'essai. La vitesse moyenne doit être déterminée après suppression de la valeur la plus haute et de la valeur la plus basse.

- b) L'appareillage d'essai doit garantir que le matériel en essai ferme totalement et qu'il n'y a aucune entrave au mouvement de fermeture libre du système. La vitesse réelle d'essai ne doit pas dépasser la vitesse moyenne déterminée selon a).

La masse des parties mobiles de l'appareillage d'essai (sans le matériel en essai) doit être égale à $2 \text{ kg} \pm 10 \%$.

8.2.1.2 Limites de fonctionnement des matériels à manœuvre à source d'énergie extérieure

Le paragraphe 8.2.1.2 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique.

8.2.1.3 Limites de fonctionnement des relais et déclencheurs à minimum de tension

Le paragraphe 8.2.1.3 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique.

8.2.1.4 Limites de fonctionnement des déclencheurs shunt

Le paragraphe 8.2.1.4 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique.

8.2.2 Echauffement

Le paragraphe 8.2.2 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique avec l'ajout suivant:

Dans le cas des combinés-fusibles, l'échauffement des contacts de l'élément de remplacement au cours de l'essai de 9.3.4.2 ne doit provoquer aucun dommage susceptible de nuire au fonctionnement ultérieur du matériel au cours de la séquence d'essais I.

8.2.3 Propriétés diélectriques

8.2.3.1 Généralités

Le paragraphe 8.2.3 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique avec les ajouts suivants:

8.2.3.2 Tension de tenue aux chocs

Le paragraphe 8.2.3,2 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique avec l'ajout suivant:

Les distances d'isolement entre les contacts ouverts d'un appareil non apte au sectionnement doivent supporter la tension d'essai donnée dans le Tableau 12 de l'IEC 60947-1:2020 appropriée à la tension assignée de tenue aux chocs.

8.2.3.3 Tension de tenue à fréquence industrielle ou en courant continu des circuits principaux, auxiliaires et de commande

Le paragraphe 8.2.3.3 c) de l'IEC 60947-1:2020 s'applique avec l'ajout suivant:

Pour les matériels aptes au sectionnement, les valeurs maximales du courant de fuite sont spécifiées, pour toutes les séquences d'essais, respectivement en 9.3.4.6, 9.3.5.4, 9.3.6.5, 9.3.7.5 et en 9.3.8.4.

8.2.4 Aptitude à l'établissement et à la coupure à vide et dans les conditions normales de charge et de surcharge

8.2.4.1 Pouvoirs de fermeture et de coupure

Les pouvoirs assignés de fermeture et de coupure sont indiqués en fonction de la tension assignée d'emploi et du courant assigné d'emploi, ainsi que de la catégorie d'emploi, conformément au Tableau 4.

Les conditions d'essai sont spécifiées en 9.3.4.4.1.

**Tableau 4 – Vérification des pouvoirs assignés de fermeture et de coupure (voir 9.3.4.4)
– Conditions de fermeture et de coupure correspondant aux diverses catégories d'emploi**

Catégories d'emploi		Courant assigné d'emploi	Fermeture ^a			Coupure			Nombre de cycles de manœuvres ^c
			I/I_e	U/U_e	$\cos \phi$	I_c/I_e	U_r/U_e	$\cos \phi$	
AC-20A ^b	AC-20B ^b	Toutes valeurs	—	—	—	—	—	—	5
AC-21A	AC-21B	Toutes valeurs	1,5	1,05	0,95	1,5	1,05	0,95	
AC-22A	AC-22B	Toutes valeurs	3	1,05	0,65	3	1,05	0,65	
AC-23A	AC-23B	$0 < I_e \leq 100 \text{ A}$	10	1,05	0,45	8	1,05	0,45	
		$100 \text{ A} < I_e$	10	1,05	0,35	8	1,05	0,35	3 ^d
AC-23Ae	AC-23Be	$0 < I_e \leq 100 \text{ A}$	12 ^e	1,05	0,35	8,5	1,05	0,45	5
		$100 \text{ A} < I_e$	12 ^e	1,05	0,25	8,5	1,05	0,35	3 ^d
Catégories d'emploi		Catégorie assignée d'emploi	I/I_e	U/U_e	L/R ms	I_c/I_e	U_r/U_e	L/R ms	Nombre de cycles de manœuvres
DC-20A ^b	DC-20B ^b	Toutes valeurs	—	—	—	—	—	—	5
DC-21A	DC-21B	Toutes valeurs	1,5	1,05	1	1,5	1,05	1	
DC-22A	DC-22B	Toutes valeurs	4	1,05	2,5	4	1,05	2,5	
DC-23A	DC-23B	Toutes valeurs	4	1,05	15	4	1,05	15	

Légende	
I	= courant établi
I_c	= courant coupé
I_e	= courant assigné d'emploi
U	= tension appliquée
U_e	= tension assignée d'emploi
U_r	= tension de rétablissement à fréquence industrielle ou tension de rétablissement en courant continu
L/R	= constante de temps du circuit d'essai
^a En courant alternatif, le courant établi est exprimé par la valeur efficace de la composante périodique du courant. ^b Ces catégories d'emploi ne sont pas admises aux Etats-Unis. ^c Une manœuvre de commutation sans courant entre chaque manœuvre de fermeture et de coupure est autorisée, à condition que cela ne change pas l'intervalle de temps entre les manœuvres exigées défini en 9.3.4.4.1. ^d Afin de couvrir à la fois les catégories AC-21 et AC-22, une augmentation du nombre de manœuvres en AC-23 et en AC-23e de 3 à 5 est autorisée, avec l'accord du constructeur. ^e Il appartient au constructeur de choisir un facteur III_e compris entre 12 et 13 et le $\cos \phi$ respectif donné par la formule suivante: $I_e \leq 100 \text{ A: } \cos \phi = 0,1 \times III_e - 0,85$ $I_e > 100 \text{ A: } \cos \phi = 0,1 \times III_e - 0,95$	

8.2.4.2 Fonctionnement en service

Les essais concernant la vérification du fonctionnement en service d'un matériel sont destinés à vérifier que ce matériel peut établir et couper sans défaillance les courants traversant son circuit principal pour l'emploi prévu.

Le nombre de cycles de manœuvres et les paramètres de circuit d'essai pour l'essai de fonctionnement en service suivant les diverses catégories d'emploi sont donnés dans les Tableau 5 et Tableau 6.

Les conditions d'essai sont spécifiées en 9.3.5.2.

**Tableau 5 – Vérification du fonctionnement en service –
Nombre de cycles de manœuvres suivant le courant assigné d'emploi**

1	2	3	4	5	6	7	8
Courant assigné d'emploi, I_e	Nombre de cycles de manœuvres par heure	Nombre de cycles de manœuvres					
		Catégories A de courant alternatif et de courant continu			Catégories B de courant alternatif et de courant continu		
		Sans courant	Avec courant	Total	Sans courant	Avec courant	Total
$0 < I_e \leq 100$	120	8 500	1 500	10 000	1 700	300	2 000
$100 < I_e \leq 315$	120	7 000	1 000	8 000	1 400	200	1 600
$315 < I_e \leq 630$	60	4 000	1 000	5 000	800	200	1 000
$630 < I_e \leq 2 500$	20	2 500	500	3 000	500	100	600
$2 500 < I_e$	10	1 500	500	2 000	300	100	400

Les valeurs de ce tableau s'appliquent à toutes les catégories d'emploi, sauf AC-20A, AC-20B, DC-20A et DC-20B. Ces catégories doivent satisfaire au nombre total de cycles de manœuvres des colonnes 5 ou 8, sans courant. La colonne 2 donne la cadence minimale de fonctionnement. La cadence de manœuvres pour toute catégorie d'emploi peut être augmentée avec l'accord du constructeur.

Tableau 6 – Paramètres du circuit d'essai pour le Tableau 5

Catégories d'emploi		Valeur du courant assigné d'emploi, I_e	Fermeture ^a			Coupure		
			I/I_e	U/U_e	$\cos \phi$	I_c/I_e	U_r/U_e	$\cos \phi$
AC-21A	AC-21B	Toutes valeurs	1	1	0,95	1	1	0,95
AC-22A	AC-22B	Toutes valeurs	1	1	0,8	1	1	0,8
AC-23A	AC-23B	Toutes valeurs	1	1	0,65	1	1	0,65
AC-23Ae	AC-23Be	Toutes valeurs	1	1	0,65	1	1	0,65
			I/I_e	U/U_e	L/R ms	I_c/I_e	U_r/U_e	L/R ms
DC-21A	DC-21B	Toutes valeurs	1	1	1	1	1	1
DC-22A	DC-22B	Toutes valeurs	1	1	2	1	1	2
DC-23A	DC-23B	Toutes valeurs	1	1	7,5	1	1	7,5
Légende I = courant établi I_c = courant coupé I_e = courant assigné d'emploi U = tension avant établissement (tension appliquée) U_e = tension assignée d'emploi U_r = tension de rétablissement à fréquence industrielle ou tension de rétablissement en courant continu L/R = constante de temps du circuit d'essai								
^a En courant alternatif, le courant établi est exprimé par la valeur efficace de la composante périodique du courant.								

8.2.4.3 Durabilité mécanique

Le paragraphe 8.2.4.3.1 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique. Les conditions d'essai sont spécifiées en 9.5.2.

8.2.4.4 Durabilité électrique

Le paragraphe 8.2.4.3.2 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique. Les conditions d'essai sont spécifiées en 9.5.3.

8.2.5 Aptitude à l'établissement, à la coupure ou à la tenue des courants de court-circuit

Le matériel doit être construit de manière à pouvoir supporter, dans les conditions spécifiées dans le présent document, les contraintes thermiques, dynamiques et électriques occasionnées par des courants de court-circuit.

Les courants de court-circuit peuvent se produire durant les manœuvres d'établissement et d'interruption du courant et aussi lorsque le courant circule en position de fermeture.

L'aptitude du matériel à établir, transporter et couper les courants de court-circuit est exprimée en fonction d'une ou plusieurs des caractéristiques assignées suivantes (voir également Tableau 9):

- a) courant assigné de courte durée admissible (voir 5.3.7.1);
- b) pouvoir assigné de fermeture en court-circuit (voir 5.3.7.2);
- c) courant conditionnel de court-circuit assigné (voir 5.3.7.4).

8.2.6 Vide

8.2.7 Exigences supplémentaires de fonctionnement pour les matériels aptes au sectionnement

Ces exigences ne s'appliquent qu'aux matériels dont la tension assignée d'emploi est supérieure à 50 V.

Le matériel à l'état neuf avec ses contacts en position d'ouverture, le matériel doit supporter l'essai diélectrique de 9.3.4.3.

Si des essais conformes à 9.3.4.4 et à 9.3.5.2 ont été effectués, le matériel doit, dans l'état où il se trouve après ces essais, satisfaire aux exigences de 9.3.4.6 relatives au courant de fuite.

8.2.8 Fonctionnement au courant critique de charge: Matériel en courant continu

Les circuits principaux d'un matériel doivent être capables d'établir et de couper son courant critique de charge selon 9.3.9.3, comme vérifié dans la séquence d'essais VI.

8.2.9 Exigences de surcharge pour un matériel comprenant des fusibles

Le circuit principal d'un matériel doit être capable de transporter un courant de surcharge conformément à 9.3.8.2 et ne doit causer aucun dommage susceptible de nuire au fonctionnement ultérieur du matériel dans la séquence d'essais V.

8.3 Compatibilité électromagnétique (CEM)

8.3.1 Généralités

Le paragraphe 8.3.1 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique.

8.3.2 Immunité

8.3.2.1 Généralités

Le paragraphe 8.3.2 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique avec la modification et l'ajout suivants.

8.3.2.2 Matériels comprenant des circuits électroniques

Les matériels comprenant des circuits électroniques (par exemple indicateur de fusion de fusible) doivent avoir une immunité satisfaisante vis-à-vis des perturbations électromagnétiques (voir 9.4.2.1).

Pour les essais appropriés pour vérifier la conformité à ces exigences, voir 9.4 de l'IEC 60947-1:2020. Le Tableau 7 ci-dessous fournit les critères spécifiques de performances en immunité à prendre en compte.

Tableau 7 – Essais d'immunité ^a

Types d'essai ou description de l'essai ^a	Norme de base	Niveau d'essai exigé	Critères d'acceptation (tel que défini dans le Tableau 24 de l'IEC 60947-1:2020)
Décharges électrostatiques	IEC 61000-4-2	Niveau d'essai selon le Tableau 23 de l'IEC 60947-1:2020	B
Champs électromagnétiques rayonnés	IEC 61000-4-3		A
Transitoires électriques rapides en salves	IEC 61000-4-4		B
Ondes de choc	IEC 61000-4-5		B
Perturbations conduites, induites par les champs radioélectriques	IEC 61000-4-6		A
^a Un simple redresseur n'est pas sensible aux perturbations électromagnétiques en service normal et par conséquent ne nécessite pas d'essai d'immunité.			

8.3.3 Emission

8.3.3.1 Matériels ne comprenant pas de circuits électroniques

Le paragraphe 8.3.3 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique.

8.3.3.2 Matériels comprenant des circuits électroniques

Les matériels comprenant des circuits électroniques (par exemple un indicateur électronique de fusion de fusible) peuvent générer des perturbations électromagnétiques continues.

L'émission doit satisfaire aux exigences du groupe 1, classe A du CISPR 11 ou à celles de la classe A du CISPR 32 (voir 9.4.3.2). Voir Tableau 8.

Tableau 8 – Limites d'émission

Accès	Plage de fréquences MHz	Limites ^d	Normes
Enveloppe ^b	30 à 230 ^a	30 dB (µV/m) valeur quasi-crête mesurée à une distance de 30 m ^c	CISPR 11
	230 à 1 000 ^a	37 dB (µV/m) valeur quasi-crête mesurée à une distance de 30 m ^c	Classe A – Groupe 1
Alimentation à courant alternatif	0,15 à 0,5 ^a	79 dB (µV) valeur quasi-crête 66 dB (µV) valeur moyenne	ou
	0,5 à 5 ^a	73 dB (µV) valeur quasi-crête 60 dB (µV) valeur moyenne	CISPR 32
	5 à 30 ^a	73 dB (µV) valeur quasi-crête 60 dB (µV) valeur moyenne	Classe A
^a Il convient d'appliquer la limite inférieure à la fréquence de transition.			
^b Applicable seulement aux appareils mécaniques de commutation contenant des parties fonctionnant à des fréquences supérieures à 9 kHz, par exemple les microprocesseurs.			
^c Peut aussi être mesurée à une distance de 10 m en utilisant les limites augmentées de 10 dB, ou à une distance de 3 m en utilisant les limites augmentées de 20 dB.			
^d Ces limites ont été reprises, sans modification, du CISPR 11 et du CISPR 32. Elles sont également conformes à l'IEC 60947-1:2020.			

Ces limites sont données pour des appareils mécaniques de commutation utilisés exclusivement dans un environnement industriel. Lorsqu'il existe une probabilité d'utilisation en dehors de l'environnement industriel, l'avertissement suivant doit être inclus dans les informations fournies par le constructeur.

AVERTISSEMENT

Ce produit a été conçu pour un environnement A.
L'utilisation de ce produit dans un environnement B peut engendrer des perturbations électromagnétiques non désirées qui peuvent exiger la prise de mesures d'atténuation appropriées de la part de l'utilisateur.

9 Essais

9.1 Nature des essais

9.1.1 Généralités

Le paragraphe 9.1.1 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique.

9.1.2 Essais de type

Le paragraphe 9.1.2 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique. Le Tableau 9 donne la liste des essais de type.

9.1.3 Essais individuels

9.1.3.1 Généralités

Le paragraphe 9.1.3 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique avec les ajouts suivants:

Les essais suivants s'appliquent:

- essai de fonctionnement mécanique (voir 9.1.3.2)
le fonctionnement de l'interrupteur, du sectionneur, de l'interrupteur-sectionneur ou du combiné-fusibles durant la fabrication et/ou un autre essai individuel peut remplacer les essais énumérés ci-dessus, si les conditions restent les mêmes et si le nombre de manœuvres n'est pas inférieur à celui spécifié;
- essai diélectrique (voir 9.1.3.3)
si, par le contrôle des matériaux et des procédés de fabrication, l'intégrité des propriétés diélectriques a été prouvée, ces essais peuvent être remplacés par des essais sur des échantillons conformément à un plan d'échantillonnage reconnu (voir ISO 2859-1).

9.1.3.2 Essai de fonctionnement mécanique

Un essai doit être fait pour vérifier le fonctionnement mécanique correct du matériel en effectuant cinq manœuvres de fermeture et d'ouverture.

9.1.3.3 Essai diélectrique

Les conditions d'essai doivent être conformes à 9.3.3.4.2 de l'IEC 60947-1:2020. En variante, l'essai combiné selon 9.3.3.4.2, point 3), de l'IEC 60947-1:2020 est autorisé. La valeur de la tension d'essai doit être conforme à celle du Tableau 19 de l'IEC 60947-1:2020. La durée de l'essai ne doit pas être inférieure à 1 s et la tension d'essai doit être appliquée comme suit:

- le matériel étant en position d'ouverture, entre chaque paire de bornes qui sont connectées électriquement lorsque le matériel est en position de fermeture;

- le matériel étant en position de fermeture, entre chaque pôle et le ou les pôles adjacents et entre chaque pôle et le châssis;
- pour le matériel comprenant des circuits électroniques raccordés aux pôles principaux, le matériel étant en position d'ouverture, entre chaque pôle et le ou les pôles adjacents et entre chaque pôle et le châssis soit du côté entrée, soit du côté sortie selon la position des composants électroniques.

En variante, la déconnexion du ou des circuits électroniques est permise pendant les essais diélectriques.

9.1.4 Essais sur prélèvements

Les essais sur prélèvements pour la vérification des distances d'isolement doivent être faits conformément à 9.3.3.4.3 de l'IEC 60947-1:2020 conformément à un plan de prélèvement reconnu (voir ISO 2859-1).

9.1.5 Essais spéciaux

Les essais spéciaux (voir 3.8.4 de l'IEC 60947-1:2020) sont spécifiés en 9.5.

9.2 Conformité aux exigences de construction

9.2.1 Généralités

Le paragraphe 9.2 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique avec les ajouts suivants:

9.2.5 Propriétés mécaniques et électriques des bornes

Le paragraphe 9.2.5 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique avec l'ajout suivant:

Lorsque le matériel est prévu pour être fourni avec différentes conceptions de bornes, les essais doivent être effectués sur chaque conception.

9.2.6 Vérification de l'efficacité de l'indication de position des contacts principaux des matériels aptes au sectionnement

9.2.6.1 Généralités

Le paragraphe 9.2.6 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique avec les ajouts suivants:

9.2.6.2 Etat du matériel pour les essais

L'essai du mécanisme de l'organe de commande et de l'indicateur de position doit être mené comme une partie de la séquence d'essais I (voir 9.3.4 et Tableau 11).

S'il existe différents types d'organes de commande, additionnels ou intégrés, une seule conception doit être soumise aux essais au cours de la séquence I. De plus, l'échantillon représentatif du cas le plus critique doit être soumis à essai conformément à 9.3.4.8.

Tableau 9 – Liste des essais de type applicables à un matériel donné

Essais	Inter-rupteur	Fusible-inter-rupteur	Interrupteur à fusibles	Sectionneur	Sectionneur à fusibles	Fusible-sectionneur	Interrupteur-sectionneur	Interrupteur-sectionneur à fusibles	Fusible-interrupteur-sectionneur
Echauffement ^a	o	o	o	o	o	o	o	o	o
Vérification de l'échauffement	o	o	o	o	o	o	o	o	o
Propriétés diélectriques	o	o	o	o	o	o	o	o	o
Vérification diélectrique	o	o	o	o	o	o	o	o	o
Courant de fuite	—	—	—	o	o	o	o	o	o
Pouvoirs assignés de fermeture et de coupure (en surcharge)	o	o	o	—	—	—	o	o	o
Fonctionnement en service	o	o	o	o	o	o	o	o	o
Courant assigné de courte durée admissible	o	—	—	o	—	—	o	—	—
Pouvoir assigné de fermeture en court-circuit	o	—	—	—	—	—	o	—	—
Courant conditionnel de court-circuit assigné	o	o	o	o	o	o	o	o	o
Robustesse du mécanisme de l'organe de commande	—	—	—	o	o	o	o	o	o
Essai de surcharge	—	o	o	—	o	o	—	o	o
Essai de courant critique de charge (matériel en courant continu)	o	o	o	—	—	—	o	o	o
Légende o = essai — = pas d'essai exigé NOTE Cette liste d'essais de type est uniquement pour information, voir aussi les notes de bas de tableau ^a dans les Tableau 14, Tableau 15 et Tableau 16									
^a S'applique uniquement à 9.3.3.4.									

9.3 Fonctionnement

9.3.1 Généralités

Le Tableau 9 donne les essais de type de fonctionnement auxquels peut être soumis le matériel suivant sa nature.

9.3.2 Séquences d'essais

Les essais de type sont groupés par séquences comme indiqué dans le Tableau 10.

Pour chaque séquence, les essais doivent être effectués dans l'ordre indiqué, conformément aux exigences du paragraphe correspondant, sauf pour l'essai d'échauffement (essai simplifié seulement) et l'essai des propriétés diélectriques de la séquence d'essais I, qui peuvent être effectués sur un échantillon séparé.

Tableau 10 – Schéma d'ensemble des séquences d'essais

Séquences	Essais
Séquence d'essais I: Caractéristiques générales de fonctionnement (voir 9.3.4 et Tableau 11)	Echauffement ^{e f} Propriétés diélectriques ^e Pouvoirs de fermeture et de coupure ^a Vérification diélectrique ^a Courant de fuite ^b Vérification de l'échauffement Robustesse du mécanisme de l'organe de commande
Séquence d'essais II: Aptitude au fonctionnement en service (voir 9.3.5 et Tableau 13)	Fonctionnement en service Vérification diélectrique Courant de fuite ^b Vérification de l'échauffement
Séquence d'essais III: Aptitude au fonctionnement en court-circuit ^c (voir 9.3.6 et Tableau 14)	Courant de courte durée admissible Pouvoir de fermeture en court-circuit ^a Vérification diélectrique Courant de fuite ^b Vérification de l'échauffement
Séquence d'essais IV: Courant conditionnel de court-circuit ^c (voir 9.3.7, Tableau 15 et Tableau 16)	Tenue au court-circuit Fermeture en court-circuit ^a Vérification diélectrique Courant de fuite ^b Vérification de l'échauffement
Séquence d'essais V: Aptitude au fonctionnement en surcharge ^d (voir 9.3.8 et Tableau 17)	Essai de surcharge Vérification diélectrique Courant de fuite ^b Vérification de l'échauffement
Séquence d'essais VI: Fonctionnement au courant (continu) critique de charge (voir 9.3.9 et Tableau 20)	Essai de courant critique de charge Vérification diélectrique Courant de fuite ^b Vérification de l'échauffement
^a Pas exigé pour les matériels AG-20 ou DC-20. Voir 5.3.6.2 et 5.3.6.3. ^b Exigé seulement pour les matériels aptes au sectionnement de tension assignée supérieure à 50 V. ^c Une seule des séquences d'essais III ou IV est à effectuer, suivant les caractéristiques assignées indiquées par le constructeur. ^d Pas exigé pour les interrupteurs, sectionneurs et interrupteurs-sectionneurs. ^e Peut être réalisé en dehors de la séquence, voir 9.3.2. ^f S'applique uniquement à 9.3.3.4.	

9.3.3 Conditions générales pour les essais

9.3.3.1 Exigences générales

Le paragraphe 9.3.2.1 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique à tous les essais de type, selon le cas. Au début de toute séquence d'essais, le matériel doit être à l'état neuf et propre.

La force appliquée pour toute manœuvre d'ouverture ne doit pas être supérieure à la force d'essai déterminée en 9.2.6.2 de l'IEC 60947-1:2020 et doit être appliquée de la même manière sans secousse.

Lorsqu'il existe un doute sur le fait que la manœuvre d'ouverture est correcte, trois tentatives au plus sont admises pour amener le matériel en position d'ouverture.

Afin de réduire le nombre d'essais pour les matériels de même conception de base, les exigences d'essai suivantes peuvent être utilisées.

9.3.3.2 Essais simplifiés pour des matériels ayant la même conception de base

Lorsqu'une gamme d'interrupteurs, de sectionneurs, d'interrupteurs-sectionneurs ou de combinés-fusibles de même conception de base est examinée simultanément, les variantes suivantes sont admises, à condition que le matériel reste conforme par ailleurs.

9.3.3.3 Exigences pour des matériels ayant la même conception de base

Pour que les interrupteurs, les sectionneurs, les interrupteurs-sectionneurs, ou les combinés-fusibles soient considérés comme étant de même conception de base, ils doivent être évalués en considérant les critères suivants:

- a) les matériaux, la finition et les dimensions des parties transportant le courant sont identiques, sauf pour les variantes dans la conception des bornes et des moyens de fixation des fusibles;
- b) la taille des contacts, le matériau, la configuration et le mode de fixation sont identiques;
- c) le mécanisme de manœuvre est de même conception de base, les matériaux et les caractéristiques physiques sont identiques;
- d) les vitesses d'ouverture et de fermeture des contacts sont substantiellement les mêmes;
- e) les matériaux isolants et moulés sont identiques;
- f) la méthode, les matériaux et la construction des dispositifs d'extinction d'arc sont identiques.

Les variantes suivantes sont également permises, à condition que la procédure d'essai simplifiée donnée en 9.3.3.4 soit utilisée:

- g) la catégorie d'emploi et la tension d'emploi;
- h) l'application en 50 Hz ou 60 Hz;
- i) les matériels à trois ou quatre pôles (neutre commuté ou non commuté), à condition que les exigences de 8.1.9 s'appliquent;
- j) la conception des bornes, à condition que les distances d'isolement et les lignes de fuite ne soient pas réduites (voir 9.2.5 et 9.3.4.3 du présent document et voir aussi 8.1.4 de l'IEC 60947-1:2020);
- k) les différents types d'organes de commande, additionnels ou intégrés, à condition que les exigences concernant leur robustesse (voir 9.2.6) soient vérifiées sur chaque type d'organe de commande, pour l'un d'entre eux pendant la séquence d'essais I;
- l) les contacts du socle de l'interrupteur à fusibles, du sectionneur à fusibles et de l'interrupteur-sectionneur à fusibles avec différents types d'éléments de remplacement (élément de remplacement retiré uniquement en l'absence de charge).

9.3.3.4 Procédure simplifiée

La procédure d'essai simplifiée suivante doit être utilisée.

- a) Si le marquage d'un matériel ayant la même conception de base présente plus d'une catégorie d'emploi et/ou plus d'une tension d'emploi, le nombre d'échantillons d'essai peut être réduit, à condition que les essais soient effectués dans les conditions les plus sévères.

Pour les essais de court-circuit, d'établissement et de coupure, et de fonctionnement en service, les conditions sont estimées plus sévères si les conditions suivantes sont simultanément remplies:

- tension assignée d'emploi supérieure ou égale;
- courant d'essai supérieur ou égal;

- facteur de puissance inférieur ou égal;
 - nombre de manœuvres supérieur ou égal.
- b) Les essais effectués à 50 Hz sont estimés couvrir les applications à 60 Hz et vice versa, avec les exceptions suivantes:
- l'essai d'échauffement selon 9.3.4.2 pour les dispositifs ayant un courant supérieur à 800 A;

NOTE Par accord entre le constructeur et l'utilisateur, les essais à 50 Hz peuvent être acceptés pour le fonctionnement à 60 Hz et vice versa pour les courants supérieurs à 800 A.

- l'échauffement et le fonctionnement en service des relais et des déclencheurs (voir 8.2.2 et 8.2.2.7 de l'IEC 60947-1:2020). Les essais d'échauffement des bobines doivent être effectués pour chaque fréquence, mais pour une seule fréquence au cours de la séquence d'essais concernée, et si une alimentation séparée des bobines et des autres circuits est possible, il est permis que les autres circuits restent alimentés à 50 Hz.
- c) Les essais effectués sur des appareils tripolaires sont estimés couvrir aussi les appareils tétrapolaires avec un pôle neutre non commuté, à condition qu'un essai unipolaire sur le pôle neutre soit effectué conformément à 9.3.3.3.4 de l'IEC 60947-1:2020.

Les essais effectués sur des appareils ayant quatre pôles commutés sont estimés couvrir aussi les appareils ayant trois pôles commutés, à condition que tous les pôles soient identiques et que les vitesses d'ouverture et de fermeture des contacts soient substantiellement les mêmes (seules les exigences de 8.1.9 concernant l'ouverture et la fermeture du pôle neutre s'appliquent). Toutefois, les appareils ayant quatre pôles commutés doivent toujours être raccordés en triphasé (voir Figure 11 de l'IEC 60947-1:2020).

- d) Essais effectués avec différents types de contacts de socle.

Lorsque des interrupteurs à fusibles, des sectionneurs à fusibles ou des interrupteurs-sectionneurs à fusibles sont conçus pour être fournis avec différents types de contacts de socle, les essais d'échauffement selon 9.3.4.2 doivent être effectués sur chaque type, au courant assigné maximal du fusible correspondant.

Le type ayant l'échauffement maximal parmi ceux dont le courant d'essai est maximal doit être utilisé pour les essais des séquences I, II et V.

La séquence IV doit être effectuée sur chaque type de contacts de socle dont les moyens de connexion des fusibles sont autres que des connexions boulonnées, au courant conditionnel de court-circuit assigné correspondant le plus élevé, et, s'il est différent, avec le type de fusible ayant l'énergie traversante maximale à la tension d'essai la plus élevée.

- e) Essais réalisés avec différentes conceptions de borne.

Lorsqu'un matériel est conçu pour être fourni avec différentes conceptions de borne, les exigences et les essais selon 9.3.4.2 du présent document et 9.2.5 de l'IEC 60947-1:2020 doivent être réalisés sur chaque conception. Ces essais peuvent être réalisés sur des échantillons séparés.

Lorsque le matériel a des bornes prévues pour être enfichées sur un jeu de barres, un essai conformément à 9.3.4.2 doit être effectué. En outre, un essai conformément à 9.3.6.2, à 9.3.7.3.1 a) ou à 9.3.7.2.1 a), selon le cas, doit être effectué. Une vérification de l'inversion de marche doit être faite. Le nombre de cycles de fonctionnement doit être de 50, le cycle allant de la position connectée à la position déconnectée et retour à la position connectée. L'essai d'inversion de marche peut être réalisé sur un échantillon séparé.

L'essai est considéré comme satisfaisant si le matériel reste mécaniquement opérable.

- f) Lors de la réalisation des essais conformément à 9.3.3.4 points d) et e), l'échauffement des bornes et des parties accessibles peut être mesuré. Si les limites d'échauffement des parties accessibles sont conformes au Tableau 3 de l'IEC 60947-1:2020, il n'est pas nécessaire d'effectuer des essais supplémentaires sur ces parties conformément à 9.3.4.7.

Etant donné que l'objectif des essais selon 9.3.3.4, points d) et e) est de se placer dans le cas le plus défavorable, les valeurs du Tableau 2 de l'IEC 60947-1:2020 ne s'appliquent pas.

9.3.3.5 Grandeurs d'essai

Le paragraphe 9.3.2.2 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique.

9.3.3.6 Ondulation du courant d'essai en courant continu

L'ondulation du courant d'essai en courant continu doit répondre aux exigences de 6.3.1 de l'IEC 62475:2010.

9.3.3.7 Evaluation des résultats d'essais

Le comportement du matériel au cours des essais et son état après les essais sont spécifiés dans le paragraphe approprié.

9.3.3.8 Rapport d'essai

Le paragraphe 9.3.2.4 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique.

9.3.4 Séquence d'essais I: caractéristiques générales de fonctionnement

9.3.4.1 Généralités

Cette séquence d'essais s'applique aux types de matériels indiqués dans le Tableau 11 et comprend les essais figurant dans ce tableau.

9.3.4.2 Echauffement

Le paragraphe 9.3.3.3 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique avec les ajouts suivants:

Les conducteurs d'essai en aluminium équivalents aux conducteurs en cuivre spécifiés dans l'IEC 60947-1 sont indiqués dans l'Annexe E du présent document.

Au minimum, l'essai doit être mené au courant assigné d'emploi, I_e . Au choix du constructeur, si I_{th} et/ou I_{the} sont supérieurs à I_e , on peut utiliser la valeur la plus élevée. Dans le cas d'une valeur AC-20 ou DC-20, l'essai d'échauffement doit être effectué à I_{th} , ou à I_{the} si le dispositif se trouve dans une enveloppe spécifiée. Les combinés-fusibles doivent être munis d'éléments de remplacement dont le courant assigné est égal au courant thermique conventionnel du combiné.

L'élément de remplacement doit avoir une puissance dissipée ne dépassant pas la valeur maximale spécifiée par le constructeur du matériel. L'essai peut être effectué avec un élément de remplacement conventionnel d'essai de conception sensiblement analogue à celle de l'élément de remplacement normalisé et de même puissance dissipée.

Dans le cas d'essais effectués sur un fusible-interrupteur, un fusible-sectionneur ou un fusible-interrupteur-sectionneur, lorsque les lames des éléments de remplacement font partie des contacts de fermeture-coupeure, l'élément de remplacement doit être utilisé.

NOTE Pour un fusible-interrupteur ou un fusible-interrupteur-sectionneur, lorsque les lames de l'élément de remplacement font partie des contacts de fermeture-coupeure, des éléments factices ou des conducteurs de cuivre ne peuvent pas remplacer les éléments de remplacement parce que les lames des éléments de remplacement de ces appareils s'usent. L'usure des lames des éléments de remplacement influence la vérification thermique conformément à 9.3.4.7.

Le rapport d'essai doit mentionner tous les renseignements utiles sur les éléments de remplacement utilisés pour l'essai, c'est-à-dire le nom et la référence du constructeur, le courant assigné, la puissance dissipée par l'élément de remplacement et le pouvoir de coupure. L'essai de type effectué avec les éléments de remplacement spécifiés doit être considéré comme s'appliquant à l'utilisation de tout autre élément de remplacement ayant, pour le courant thermique conventionnel du combiné, une puissance dissipée inférieure ou égale à celle de l'élément de remplacement utilisé pour l'essai.

Tableau 11 – Séquence d'essais I: caractéristiques générales de fonctionnement

			Types de matériels et ordre des essais					
Essais	N° de paragraphe	Echantillons ^c	Interrupteur	Fusible-interrupteur et interrupteur à fusibles	Sectionneur	Sectionneur à fusibles et fusible-sectionneur	Interrupteur-sectionneur	Interrupteur-sectionneur à fusibles et fusible-interrupteur-sectionneur
Echauffement ^{d, e}	9.3.4.2	A, B, C, F	1	1	1	1	1	1
Propriétés diélectriques ^d	9.3.4.3	A, C, F	2	2	2	2	2	2
Pouvoirs de fermeture et de coupure	9.3.4.4	A, D	3	3	a	a	3	3
Vérification diélectrique	9.3.4.5	A, D	4	4	a	a	4	4
Courant de fuite ^b	9.3.4.6	A, D	—	—	3	3	5	5
Vérification de l'échauffement	9.3.4.7	A, D	5	5	4	4	6	6
Robustesse du mécanisme de l'organe de commande	9.3.4.8	A, E	—	—	5	5	7	7

^a Cet essai n'est pas exigé pour les sectionneurs (AC-20 ou DC-20). Voir 5.3.6.2 et 5.3.6.3.

^b Cet essai n'est exigé que si U_e est supérieure à 50 V.

^c Seuls les essais marqués avec la même lettre doivent être effectués en séquence sur un échantillon donné: "A" est un échantillon de chaque conception de base, choisi parmi ceux dont le courant assigné, I_e , est le plus élevé, et, le cas échéant, ayant l'échauffement le plus élevé selon 9.3.3.4, point d).

Autres échantillons selon le cas:

"B" est un échantillon différent pour l'essai à 60 Hz, le cas échéant, conformément à 9.3.3.4, point b);

"C" sont des échantillons de chacune des autres conceptions de borne, soumis à essai au courant assigné maximal correspondant;

"D" sont des échantillons pour vérifier toutes les combinaisons de U_e , I_e , caractéristiques en courant alternatif ou en courant continu, à soumettre aux essais (voir 9.3.3.4);

"E" est l'échantillon supplémentaire comme spécifié en 9.2.6.2 et qui peut être un des échantillons B, C ou D;

"F" sont des échantillons de chaque type de porte-fusible de combiné-fusibles selon 9.3.3.4, point d).

^d Peut être réalisé en dehors de la séquence, voir 9.3.2.

^e S'applique uniquement à 9.3.3.4.

9.3.4.3 Essai des propriétés diélectriques

9.3.4.3.1 Généralités

Le paragraphe 9.3.3.4.1, points 1), 2), 3), 7) et, le cas échéant, 8) de l'IEC 60947-1:2020 s'applique avec l'ajout suivant.

Lorsque, en accord avec le constructeur, les appareils sont déconnectés pour l'essai conformément à 9.3.3.4.1, point 3) c) de l'IEC 60947-1:2020, le rapport d'essai doit mentionner les appareils qui ont été déconnectés pour l'essai. Pour les matériels aptes au sectionnement (voir 4.3) ayant une tension d'emploi, U_e , supérieure à 50 V, le courant de fuite doit être mesuré à travers chaque pôle avec les contacts en position d'ouverture, à une tension d'essai égale à $1,1 U_e$ et ne doit pas dépasser 0,5 mA.

9.3.4.4 Pouvoirs de fermeture et de coupure

9.3.4.4.1 Conditions générales pour les essais

Le paragraphe 9.3.3.5 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique aux matériels dotés d'un pôle neutre.

Les valeurs d'essai sont indiquées en 8.2.4.1 et dans le Tableau 4, en fonction de la catégorie d'emploi.

Le nombre indiqué de cycles de manœuvres d'établissement-coupure doit être effectué avec un intervalle de temps de (30 ± 10) s entre les cycles de fermeture et d'ouverture, sauf dans le cas des matériels de courant thermique conventionnel supérieur ou égal à 400 A pour lesquels cet intervalle de temps peut être augmenté par accord entre le constructeur et l'utilisateur et doit être précisé dans le rapport d'essai.

Pendant chaque cycle de manœuvres d'établissement-coupure, il suffit que le matériel reste dans la position de fermeture pendant une durée suffisamment longue pour permettre à la manœuvre électrique de s'effectuer pour que la valeur de courant à établir soit atteinte et pour que les pièces mobiles du matériel puissent atteindre leurs positions de repos. Après chaque cycle de manœuvres, la tension de rétablissement doit être maintenue pendant au moins 0,05 s.

Pour faciliter les essais des matériels de catégorie d'emploi AC-23A, AC-23Ae, AC-23B et AC-23Be, les cycles de manœuvres d'établissement-coupure peuvent être remplacés, avec l'accord du constructeur par le nombre indiqué de cycles de manœuvres d'établissement suivis du même nombre de cycles de manœuvres de coupure.

En courant alternatif, le facteur de puissance du circuit d'essai doit être déterminé comme indiqué en 9.3.4.1.3 de l'IEC 60947-1:2020. Les valeurs doivent être conformes au Tableau 4.

En courant continu, la constante de temps du circuit d'essai doit être déterminée comme indiqué en 9.3.4.1.4 de l'IEC 60947-1:2020. Les valeurs doivent être conformes au Tableau 4.

La tension d'essai doit être appliquée et la charge doit être reliée aux bornes appropriées du matériel. Pour un matériel dans lequel un contact mobile reste relié à l'une des bornes quand le matériel est dans la position d'ouverture, cet essai doit être répété en permutant les connexions d'alimentation et de charge, à moins que les bornes ne soient réellement marquées de façon distincte pour la charge et l'alimentation.

Dans le cas d'essais effectués sur un fusible-interrupteur ou un fusible-interrupteur-sectionneur, lorsque les lames des éléments de remplacement font partie des contacts de fermeture-coupure, l'élément de remplacement doit être utilisé.

NOTE Pour un fusible-interrupteur ou un fusible-interrupteur-sectionneur, lorsque les lames de l'élément de remplacement font partie des contacts de fermeture-coupure, des éléments factices ou des conducteurs de cuivre ne peuvent pas remplacer les éléments de remplacement parce que les lames des éléments de remplacement de ces appareils s'usent. L'usure des lames des éléments de remplacement influence la vérification thermique conformément à 9.3.4.7.

Les caractéristiques des éléments de remplacement utilisés pour l'essai, c'est-à-dire le nom du constructeur, la référence, le courant assigné, la puissance dissipée de l'élément de remplacement et le pouvoir de coupure, doivent être précisés dans le rapport d'essai.

Dans le cas d'essais effectués sur un interrupteur à fusibles ou un interrupteur-sectionneur à fusibles, les éléments de remplacement peuvent être remplacés par des liaisons en cuivre appropriées, de dimensions et de masse électriquement équivalentes à celles des éléments de remplacement recommandés par le constructeur. Si l'essai est réalisé avec des éléments de remplacement, au choix du constructeur, les éléments de remplacement peuvent être remplacés après chaque manœuvre. En cas de changement de l'élément de remplacement, le temps s'écoulant entre les manœuvres doit être consigné dans le rapport.

9.3.4.4.2 Circuit d'essai

Le paragraphe 9.3.3.5.2 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique.

9.3.4.4.3 Caractéristiques de la tension transitoire de rétablissement

Le paragraphe 9.3.3.5.3 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique uniquement aux catégories d'emploi AC-22, AC-23 et AC-23e. Pour les essais pour les catégories d'emploi DC-22 et DC-23, la charge du circuit d'essai peut être remplacée par un moteur donnant lieu aux valeurs spécifiées de courant et de constante de temps, s'il y a accord entre le constructeur et l'utilisateur.

9.3.4.4.4 Comportement du matériel pendant et après les essais des pouvoirs de fermeture et de coupure

Le matériel doit se comporter, au cours des essais ci-dessus, de manière à ne pas mettre l'opérateur en danger ou endommager le matériel adjacent.

Il ne doit pas se produire d'arc permanent ou de décharge entre les pôles ou entre les pôles et le bâti, et le fusible du circuit de détection ne doit pas fondre.

Le matériel doit rester en état de fonctionnement mécanique. Une soudure des contacts telle qu'elle empêche d'effectuer la manœuvre d'ouverture par les moyens de manœuvre normaux n'est pas admise.

9.3.4.4.5 Etat du matériel après les essais de pouvoirs de fermeture et de coupure

On doit vérifier, immédiatement après l'essai, que le matériel se ferme et s'ouvre de façon satisfaisante au cours d'une manœuvre de fermeture-ouverture à vide.

La force exigée pour l'ouverture ne doit pas être supérieure à la force d'essai de 9.2.6.2 de l'IEC 60947-1:2020 et du Tableau 17 de l'IEC 60947-1:2020.

On considère qu'une manœuvre de fermeture est satisfaisante si la manœuvre normale de la poignée sur sa course complète ferme suffisamment les contacts pour que le matériel puisse supporter son courant assigné d'emploi.

Après les essais, et sans entretien, le matériel doit répondre aux exigences de 9.3.4.5.

Les contacts doivent être dans un état leur permettant de supporter le courant assigné d'emploi sans entretien et doivent satisfaire à la vérification d'échauffement de 9.3.4.7.

Si le matériel est apte au sectionnement, il doit répondre aux exigences de 9.3.4.6 et de 9.3.4.8.

9.3.4.5 Vérification diélectrique

Après l'essai conformément à 9.3.4.4, un essai doit être effectué conformément à 9.3.3.4.1 point 4) de l'IEC 60947-1:2020.

9.3.4.6 Courant de fuite

Cet essai n'est effectué que sur les matériels aptes au sectionnement de tension assignée d'emploi, U_e , supérieure à 50 V. Le courant de fuite entre contacts ouverts doit être vérifié de la façon suivante:

- sectionneur et interrupteur-sectionneur: entre bornes d'entrée et de sortie;
- sectionneur à fusibles, interrupteur-sectionneur à fusibles, fusible-sectionneur et fusible-interrupteur-sectionneur à coupure unique: entre bornes d'entrée et de sortie;
- sectionneur à fusibles, interrupteur-sectionneur à fusibles, fusible-sectionneur et fusible-interrupteur-sectionneur à coupure double: (i) entre les bornes d'entrée et les éléments de remplacement; (ii) entre les bornes de sortie et les éléments de remplacement; et (iii) entre bornes d'entrée et de sortie.

La valeur du courant de fuite, sous une tension d'essai égale à 1,1 fois la tension assignée d'emploi du matériel, ne doit pas dépasser:

- 0,5 mA par pôle pour les matériels de catégories d'emploi AC-20A, AC-20B, DC-20A ou DC-20B;
- 2 mA par pôle pour les matériels de toutes les autres catégories d'emploi.

9.3.4.7 Vérification de l'échauffement

Après les essais selon 9.3.4.4, l'échauffement des bornes et des parties accessibles doit être vérifié conformément à 9.3.4.2, sauf lorsqu'une catégorie d'emploi est assignée, auquel cas les essais sont réalisés au courant assigné d'emploi, I_e , du matériel soumis aux essais.

Les bornes et les parties accessibles ne doivent pas dépasser les valeurs limites indiquées dans le Tableau 12.

Tableau 12 – Limites d'échauffement des bornes et des parties accessibles

Description de l'organe ^a	Limites d'échauffement ^b
	K
Bornes de raccordement à des connexions extérieures	80
Organes de manœuvre manuels: – métalliques – non métalliques	25 35
Parties destinées à être touchées, mais non tenues en mains: – métalliques – non métalliques	40 50
Parties qui ne demandent pas à être touchées en service normal: – métalliques – non métalliques	50 60
^a Aucune valeur n'est spécifiée pour les pièces autres que celles énumérées, mais aucun dommage ne doit être occasionné aux pièces voisines en matériau isolant.	
^b Les limites d'échauffement spécifiées ne sont pas destinées à s'appliquer à un nouvel échantillon, mais ce sont celles qui s'appliquent aux vérifications d'échauffement pendant les séquences d'essais appropriées spécifiées dans le Tableau 10.	

9.3.4.8 Robustesse du mécanisme de l'organe de commande

Le paragraphe 9.2.6 s'applique au matériel apte au sectionnement.

9.3.5 Séquence d'essais II: aptitude au fonctionnement en service

9.3.5.1 Généralités

Cette séquence d'essais s'applique aux types de matériels indiqués dans le Tableau 13 et comprend les essais figurant dans ce tableau.

Ceux-ci sont effectués pour vérifier la conformité aux dispositions de 8.2.4.2.

Tableau 13 – Séquence d'essais II: aptitude au fonctionnement en service

			Types de matériels et ordre des essais					
Essais	N° de paragraphe	Echantillons ^b	Interrupteur	Fusible-interrupteur et interrupteur à fusibles	Sectionneur	Sectionneur à fusibles et fusible-sectionneur	Interrupteur-sectionneur	Interrupteur-sectionneur à fusibles et fusible-interrupteur-sectionneur
Fonctionnement en service	9.3.5.2	A, B	1	1	1	1	1	1
Vérification diélectrique	9.3.5.3	A, B	2	2	2	2	2	2
Courant de fuite ^a	9.3.5.4	A, B	—	—	3	3	3	3
Vérification de l'échauffement	9.3.5.5	A, B	3	3	4	4	4	4

^a Cet essai n'est exigé que si U_e est supérieure à 50 V.

^b "A" est un échantillon de chaque conception de base, choisi parmi ceux dont le courant assigné, I_e , est le plus élevé, et, le cas échéant, ayant l'échauffement le plus élevé selon 9.3.3.4 d). "B", le cas échéant, sont des échantillons pour vérifier toutes les combinaisons de U_e , I_e , caractéristiques en courant alternatif ou en courant continu, à soumettre aux essais.

9.3.5.2 Essai de fonctionnement en service

9.3.5.2.1 Valeurs et conditions d'essai

Les valeurs d'essai sont indiquées dans le Tableau 5 et dans le Tableau 6, en fonction de la catégorie d'emploi.

L'intervalle de temps entre les cycles de manœuvres du Tableau 5 avec courant et ceux sans courant, ainsi que l'ordre des séquences d'essais, doivent figurer dans le rapport d'essai.

Pendant chaque cycle de manœuvres d'établissement-coupure, il suffit que le matériel reste dans la position de fermeture pendant une durée suffisamment longue pour permettre à la manœuvre électrique de s'effectuer, pour que la valeur du courant à établir soit atteinte et pour que les pièces mobiles du matériel puissent atteindre leurs positions de repos. Après chaque cycle de manœuvres, la tension de rétablissement doit être maintenue pendant au moins 0,05 s.

En courant alternatif, le facteur de puissance du circuit d'essai doit être déterminé comme indiqué en 9.3.4.1.3 de l'IEC 60947-1:2020. Les valeurs doivent être conformes au Tableau 6.

En courant continu, la constante de temps du circuit d'essai doit être déterminée comme indiqué en 9.3.4.1.4 de l'IEC 60947-1:2020. Les valeurs doivent être conformes au Tableau 6.

9.3.5.2.2 Circuit d'essai

Le paragraphe 9.3.3.5.2 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique.

9.3.5.2.3 Tension transitoire de rétablissement

Il n'est pas nécessaire de régler la tension transitoire de rétablissement.

9.3.5.2.4 Surtensions de manœuvre

A l'étude.

9.3.5.2.5 Comportement du matériel pendant l'essai de fonctionnement en service

Le matériel doit se comporter, au cours des essais ci-dessus, de manière à ne pas mettre l'opérateur en danger ou endommager le matériel adjacent.

Il ne doit pas se produire d'arc permanent ou de décharge entre les pôles ou entre les pôles et le bâti, et le fusible du circuit de détection ne doit pas fondre.

Le matériel doit rester en état de fonctionnement mécanique. Une soudure des contacts telle qu'elle empêche d'effectuer la manœuvre d'ouverture par les moyens de manœuvre normaux n'est pas admise.

Une certaine usure du mécanisme et des contacts est admise, à condition que le matériel fonctionne correctement.

9.3.5.2.6 Etat du matériel après l'essai de fonctionnement en service

On doit vérifier, immédiatement après l'essai, que le matériel se ferme et s'ouvre de façon satisfaisante au cours d'une manœuvre de fermeture-ouverture à vide.

La force exigée pour l'ouverture ne doit pas être supérieure à la force d'essai de 9.2.6.2 de l'IEC 60947-1:2020 et du Tableau 17 de l'IEC 60947-1:2020.

On considère qu'une manœuvre de fermeture est satisfaisante si la manœuvre normale de la poignée sur sa course complète ferme suffisamment les contacts pour que le matériel puisse supporter son courant assigné d'emploi.

Après les essais, et sans entretien, le matériel doit répondre aux exigences de 9.3.5.3.

Les contacts doivent être dans un état leur permettant de supporter le courant assigné d'emploi sans entretien et doivent satisfaire à la vérification d'échauffement de 9.3.5.5.

Si le matériel est apte au sectionnement, il doit répondre aux exigences de 9.3.5.4.

9.3.5.3 Vérification diélectrique

Le paragraphe 9.3.4.5 s'applique.

9.3.5.4 Courant de fuite

Le paragraphe 9.3.4.6 s'applique.

9.3.5.5 Vérification de l'échauffement

Le paragraphe 9.3.4.7 s'applique.

9.3.6 Séquence d'essais III: aptitude au fonctionnement en court-circuit

9.3.6.1 Généralités

Cette séquence d'essais s'applique aux types de matériels indiqués dans le Tableau 14 et comprend les essais figurant dans ce tableau.

Cette séquence d'essais n'est pas obligatoire si le constructeur n'a pas indiqué de valeur de pouvoir assigné de fermeture en court-circuit (voir 9.3.6.3.1), et si la séquence d'essais IV (voir 9.3.7) est effectuée.

Ces essais sont effectués pour vérifier la conformité aux dispositions de 8.2.5.

Tableau 14 – Séquence d'essais III: aptitude au fonctionnement en court-circuit

			Types de matériels et ordre des essais					
Essais	N° de paragraphe	Echantillons ^d	Interrupteur	Fusible-interrupteur et interrupteur à fusibles	Sectionneur	Sectionneur à fusibles et fusible-sectionneur	Interrupteur-sectionneur	Interrupteur-sectionneur à fusibles et fusible-interrupteur-sectionneur
Courant de courte durée admissible	9.3.6.2	A	1		1		1	
Pouvoir de fermeture en court-circuit ^{a, b}	9.3.6.3	A, B	2		—		2	
Vérification diélectrique	9.3.6.4	A, B	3	Sans objet	2	Sans objet	3	Sans objet
Courant de fuite ^c	9.3.6.5	A, B	4		3		4	
Vérification de l'échauffement	9.3.6.6	A, B	4		4		5	

^a La séquence d'essais III n'est pas obligatoire si la séquence d'essais IV est effectuée.

^b Les interrupteurs et les interrupteurs-sectionneurs n'ayant pas de pouvoir assigné de fermeture en court-circuit (voir 5.3.7.2) doivent satisfaire aux exigences de la séquence d'essais IV (voir Tableau 16).

^c Cet essai n'est exigé que si U_e est supérieure à 50 V.

^d "A" est un échantillon de chaque conception de base, choisi parmi ceux dont le courant I_{cw} est le plus élevé. "B", le cas échéant, sont des échantillons pour vérifier toutes les combinaisons de U_e , I_{cw} ou I_{cm} , caractéristiques en courant alternatif ou en courant continu, à soumettre aux essais.

9.3.6.2 Essai de tenue au courant de courte durée admissible

9.3.6.2.1 Valeurs et conditions d'essai

Les conditions d'essais de 9.3.4.3 de l'IEC 60947-1:2020 s'appliquent.

Le courant d'essai doit être le courant assigné de courte durée admissible déclaré conformément à 5.3.7.1.

9.3.6.2.2 Circuit d'essai

Le paragraphe 9.3.4.1.2 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique.

En courant alternatif, le facteur de puissance du circuit d'essai doit être comme indiqué en 9.3.4.1.3 de l'IEC 60947-1:2020.

En courant continu, la constante de temps du circuit d'essai doit être comme indiqué en 9.3.4.1.4 de l'IEC 60947-1:2020.

9.3.6.2.3 Etalonnage du circuit d'essai

Le paragraphe 9.3.4.1.5 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique avec l'ajout suivant à la fin du premier alinéa:

Voir Figures 3, 4, 5 et 6 de l'IEC 60947-1:2020.

9.3.6.2.4 Procédure d'essai

Les connexions temporaires B sont remplacées par le matériel en essai et le courant d'essai est appliqué pendant le temps spécifié, le matériel étant en position de fermeture.

9.3.6.2.5 Comportement du matériel au cours de l'essai

Le matériel doit se comporter, au cours de cet essai, de manière à ne pas mettre l'opérateur en danger ou endommager le matériel adjacent.

Il ne doit pas se produire d'arc permanent ou de décharge entre les pôles ou entre les pôles et le bâti, et le fusible du circuit de détection ne doit pas fondre.

Le matériel doit rester en état de fonctionnement mécanique. Une soudure des contacts telle qu'elle empêche d'effectuer la manœuvre d'ouverture par les moyens de manœuvre normaux n'est pas admise.

9.3.6.2.6 Etat du matériel après l'essai

Il doit être démontré, immédiatement après l'essai, que le matériel se ferme et s'ouvre de façon satisfaisante au cours d'une manœuvre de fermeture-ouverture à vide.

La force exigée pour l'ouverture ne doit pas être supérieure à la force d'essai de 9.2.6.2 de l'IEC 60947-1:2020 et du Tableau 17 de l'IEC 60947-1:2020.

On considère qu'une manœuvre de fermeture est satisfaisante si la manœuvre normale de la poignée sur sa course complète ferme suffisamment les contacts pour que le matériel puisse supporter son courant assigné d'emploi.

Si le matériel est un interrupteur ou un interrupteur-sectionneur, il doit être soumis, après l'essai et sans entretien, à l'essai de pouvoir de fermeture en court-circuit, de 9.3.6.3, comme indiqué dans le Tableau 14.

Si le matériel est apte au sectionnement, il doit répondre, sans entretien, à la vérification diélectrique de 9.3.6.4.

Les contacts d'un sectionneur doivent être dans un état leur permettant de supporter sans entretien le courant assigné d'emploi et doivent satisfaire à la vérification d'échauffement de 9.3.6.6.

9.3.6.3 Essai de pouvoir de fermeture en court-circuit

9.3.6.3.1 Valeurs et conditions d'essai

L'essai doit être effectué sur le même matériel que pour l'essai de 9.3.6.2, sans aucun entretien.

Le courant d'essai doit être celui qui est assigné par le constructeur comme indiqué en 5.3.7.2.

9.3.6.3.2 Circuit d'essai

Le paragraphe 9.3.6.2.2 s'applique.

9.3.6.3.3 Etalonnage du circuit d'essai

L'étalonnage du circuit d'essai est effectué en plaçant des connexions temporaires B d'impédance négligeable aussi près que possible des bornes destinées au raccordement du matériel en essai.

Suivant que le matériel a des caractéristiques assignées pour le courant alternatif ou pour le courant continu, l'étalonnage est effectué comme indiqué ci-après.

a) En courant alternatif:

Les essais doivent être effectués à la fréquence assignée du matériel.

Le courant présumé doit être appliqué pendant au moins 0,05 s et sa valeur est la valeur efficace déterminée d'après l'enregistrement d'étalonnage. Cette valeur doit être supérieure ou égale à la valeur spécifiée sur un pôle au moins.

La valeur moyenne de toutes les phases doit répondre aux tolérances de 9.3.2.2 de l'IEC 60947-1:2020.

La valeur de crête la plus élevée du courant présumé au cours de son premier cycle ne doit pas être inférieure à n fois le courant assigné de court-circuit, la valeur de n étant celle figurant à la quatrième colonne du Tableau 16 de l'IEC 60947-1:2020.

b) En courant continu:

Le courant doit être appliqué pendant le temps spécifié et sa valeur moyenne, déterminée d'après l'enregistrement, doit être au moins égale à la valeur spécifiée.

Si la station d'essai n'est pas en mesure d'effectuer ces essais en courant continu, ceux-ci peuvent être effectués en courant alternatif, s'il existe un accord entre le constructeur et l'utilisateur, et si des précautions convenables sont prises, par exemple la valeur de crête du courant ne doit pas être supérieure au courant admissible.

Dans le cas d'un matériel ayant le même courant assigné en courant alternatif qu'en courant continu, l'essai en courant alternatif doit être considéré comme valable pour le courant continu.

9.3.6.3.4 Procédure d'essai

Les connexions temporaires B sont remplacées par le matériel en essai et le matériel doit effectuer deux manœuvres de fermeture, avec un intervalle d'environ 3 min entre ces manœuvres, sur une valeur de crête du courant présumé au moins égale au pouvoir assigné de fermeture en court-circuit du matériel. Le courant ou la tension doivent être maintenus pendant au moins 0,05 s.

Le mécanisme de fermeture doit être manœuvré de façon à simuler aussi fidèlement que possible les conditions de service.

9.3.6.3.5 Comportement du matériel au cours de l'essai

Le matériel doit se comporter, au cours des essais ci-dessus, de manière à ne pas mettre l'opérateur en danger ou endommager le matériel adjacent.

Il ne doit pas se produire d'arc permanent ou de claquage entre les pôles ou entre les pôles et le bâti, et le fusible de circuit de détection ne doit pas fondre.

Le matériel doit rester en état de fonctionnement mécanique. Une soudure des contacts telle qu'elle empêche d'effectuer la manœuvre d'ouverture par les moyens de manœuvre normaux n'est pas admise.

9.3.6.3.6 Etat du matériel après l'essai

On doit vérifier, immédiatement après l'essai, que le matériel s'ouvre et se ferme de façon satisfaisante au cours d'une manœuvre d'ouverture-fermeture à vide.

La force exigée pour l'ouverture ne doit pas être supérieure à la force d'essai de 9.2.6.2 de l'IEC 60947-1:2020 et du Tableau 17 de l'IEC 60947-1:2020.

On considère qu'une manœuvre de fermeture est satisfaisante si la manœuvre normale de la poignée sur sa course complète ferme suffisamment les contacts pour que le matériel puisse supporter son courant assigné d'emploi.

Après l'essai, et sans entretien, le matériel doit satisfaire à la vérification diélectrique de 9.3.6.4.

Les contacts doivent être dans un état leur permettant de supporter sans entretien le courant assigné d'emploi le plus élevé et doivent satisfaire à la vérification de l'échauffement de 9.3.6.6.

9.3.6.4 Vérification diélectrique

Le paragraphe 9.3.4.5 s'applique.

9.3.6.5 Courant de fuite

Le paragraphe 9.3.4.6 s'applique, sauf que la valeur maximale du courant de fuite ne doit pas dépasser 2 mA par pôle pour toutes les catégories d'emploi.

9.3.6.6 Vérification de l'échauffement

Le paragraphe 9.3.4.7 s'applique.

9.3.7 Séquence d'essais IV: courant de court-circuit conditionnel

9.3.7.1 Généralités

Cette séquence d'essais s'applique aux types de matériels indiqués dans le Tableau 15 ou le Tableau 16, selon le cas, et comprend les essais figurant dans le tableau approprié.

Cette séquence d'essais n'est pas obligatoire si le constructeur n'a pas indiqué de valeur pour le courant conditionnel de court-circuit assigné et si la séquence d'essais III (voir 9.3.6) est effectuée.

Pour les interrupteurs, les sectionneurs et les interrupteurs-sectionneurs, le dispositif de protection contre les courts-circuits peut être un disjoncteur ou un fusible et doit être placé en aval du matériel en essai.

Le type du disjoncteur ou du fusible doit être celui qui est indiqué par le constructeur comme convenant au matériel.

Le rapport d'essai doit donner une description détaillée du dispositif de protection utilisé pour l'essai, c'est-à-dire le nom du constructeur, la désignation du type, la tension assignée, le courant assigné et le pouvoir assigné de coupure en court-circuit.

L'essai de type avec le dispositif de protection spécifié doit être considéré comme s'appliquant à l'utilisation de n'importe quel autre dispositif de protection dont les valeurs de l'intégrale de Joule (I^2t) et du courant coupé limité, pour la tension assignée, le courant présumé et le facteur de puissance, ne dépassent pas les valeurs spécifiées pour le type de dispositif de protection utilisé pour l'essai.

Ces essais sont effectués pour vérifier la conformité aux dispositions de 8.2.5.

9.3.7.2 Tenue au court-circuit avec protection par disjoncteur

9.3.7.2.1 Valeurs et conditions d'essai

Le disjoncteur en aval du dispositif soumis à l'essai doit avoir la tension assignée, le courant assigné et le pouvoir assigné de coupure que le constructeur estime convenables pour être employés avec le matériel.

La tension d'essai à utiliser doit être égale à $1,05 \times U_e$, où U_e correspond à la tension d'emploi du dispositif soumis à l'essai.

L'essai doit être effectué comme suit:

- a) essai de tenue (interrupteurs, sectionneurs et interrupteurs-sectionneurs);

Un courant présumé correspondant au courant conditionnel de court-circuit assigné annoncé par le constructeur doit être appliqué au matériel en position de fermeture. Le disjoncteur doit interrompre le courant.

- b) essai d'établissement (interrupteurs et interrupteurs-sectionneurs).

Tableau 15 – Séquence d'essais IV: courant de court-circuit conditionnel – avec protection par disjoncteur

Essais	N° de paragraphe	Echantillon ^c	Types de matériel et ordre des essais		
			Interrupteur ^a	Sectionneur ^a	Interrupteur-sectionneur ^a
Tenue au court-circuit avec protection par disjoncteur	9.3.7.2.1 a)	A, B	1	1	1
Etablissement en court-circuit avec protection par disjoncteur	9.3.7.2.1 b)	A, B	2	—	2
Vérification diélectrique	9.3.7.4	A, B	3	2	3
Courant de fuite ^b	9.3.7.5	A, B	—	3	4
Vérification de l'échauffement	9.3.7.6	A, B	4	4	5

- ^a La séquence d'essais IV n'est pas obligatoire si la séquence d'essais III est effectuée (voir Tableau 14).
- ^b Cet essai n'est exigé que si U_e est supérieure à 50 V.
- ^c "A" est un échantillon de chaque conception de base, choisi parmi ceux dont le courant conditionnel de court-circuit assigné est le plus élevé, ou le cas échéant, "A" sont des échantillons de chaque type au sens de 9.3.3.4 d).
 "B", le cas échéant, sont des échantillons pour vérifier toutes les combinaisons de U_e , I_{cc} , caractéristiques en courant alternatif ou en courant continu, à soumettre aux essais.

Après l'essai de tenue du point a), tous les matériels conformes au Tableau 15 doivent supporter la manœuvre de fermeture. Le disjoncteur doit être fermé, puis le dispositif soumis à l'essai doit être fermé. Le circuit doit être ouvert par le disjoncteur.

9.3.7.2.2 Circuit d'essai

Le paragraphe 9.3.6.2.2 s'applique.

9.3.7.2.3 Etalonnage du circuit d'essai

Le paragraphe 9.3.6.2.3 s'applique.

9.3.7.2.4 Procédure d'essai

Le mécanisme de fermeture de l'interrupteur doit être manœuvré selon 8.2.1.1.

Les connexions provisoires sont remplacées par le matériel en essai et le courant d'essai est appliqué conformément à 9.3.7.3.1. La tension de rétablissement doit être maintenue pendant au moins 0,05 s après l'interruption du courant d'essai par le disjoncteur.

9.3.7.2.5 Comportement du matériel au cours de l'essai

Le paragraphe 9.3.6.3.5 s'applique.

9.3.7.2.6 Etat du matériel après l'essai

Le paragraphe 9.3.6.3.6 s'applique.

9.3.7.3 Tenue au court-circuit avec protection par fusible

9.3.7.3.1 Valeurs et conditions d'essai

Les éléments de remplacement doivent avoir le courant assigné maximal et le pouvoir assigné de coupure maximal que le constructeur estime convenables pour être employés avec le matériel.

Le constructeur du matériel doit fournir les éléments de remplacement (voir partie applicable de la série IEC 60269) à utiliser pour l'essai. Les détails des éléments de remplacement utilisés doivent être consignés dans le rapport d'essai.

La tension d'essai à utiliser doit être égale à $1,05 \times U_e$, où U_e correspond à la tension d'emploi du dispositif soumis à l'essai.

L'essai doit être effectué comme suit:

a) Essai de tenue

Un courant présumé correspondant au courant conditionnel de court-circuit assigné annoncé par le constructeur doit être appliqué au matériel en position de fermeture.

b) Essai d'établissement

Après l'essai de tenue du point a), tous les matériels conformément au Tableau 16 doivent être équipés d'éléments de remplacement neufs et fermés sur le courant conditionnel de court-circuit assigné.

Tableau 16 – Séquence d'essais IV: courant de court-circuit conditionnel – avec protection par fusible

Essais	N° de paragraphe	Echantillons ^c	Types de matériels et ordre des essais					
			Interrupteur ^a	Fusible-interrupteur et interrupteur à fusibles	Sectionneur ^a	Sectionneur à fusibles et fusible-sectionneur	Interrupteur-sectionneur ^a	Interrupteur-sectionneur à fusibles et fusible-interrupteur-sectionneur
Tenue au court-circuit avec protection par fusible	9.3.7.3.1 a)	A, B	1	1	1	1	1	1
Etablissement en court-circuit avec protection par fusible	9.3.7.3.1 b)	A, B	2	2	—	—	2	2
Vérification diélectrique	9.3.7.4	A, B	3	3	2	2	3	3
Courant de fuite ^b	9.3.7.5	A, B	—	—	3	3	4	4
Vérification de l'échauffement	9.3.7.6	A, B	4	4	4	4	5	5

^a La séquence d'essais IV n'est pas obligatoire si la séquence d'essais III est effectuée (voir Tableau 14).

^b Cet essai n'est exigé que si U_e est supérieure à 50 V.

^c "A" est un échantillon de chaque conception de base, choisi parmi ceux dont le courant conditionnel de court-circuit assigné est le plus élevé, ou le cas échéant, "A" sont des échantillons de chaque type au sens de 9.3.3.4 d). "B", le cas échéant, sont des échantillons pour vérifier toutes les combinaisons de U_e , I_{cc} , caractéristiques en courant alternatif ou en courant continu, à soumettre aux essais.

9.3.7.3.2 Circuit d'essai

Le paragraphe 9.3.6.2.2 s'applique.

9.3.7.3.3 Etalonnage du circuit d'essai

Le paragraphe 9.3.6.2.3 s'applique.

9.3.7.3.4 Procédure d'essai

Pour les fusibles-interrupteurs, fusibles-sectionneurs et les fusibles-interrupteurs-sectionneurs, le mécanisme de fermeture doit être manœuvré selon 8.2.1.1.

Les connexions provisoires sont remplacées par le matériel en essai et le courant d'essai est appliqué conformément à 9.3.7.3.1.

La tension de rétablissement doit être maintenue pendant au moins 0,05 s après l'interruption du courant d'essai par le fusible.

9.3.7.3.5 Comportement du matériel au cours de l'essai

Le paragraphe 9.3.6.3.5 s'applique.

9.3.7.3.6 Etat du matériel après l'essai

Le paragraphe 9.3.6.3.6 s'applique.

9.3.7.4 Vérification diélectrique

Le paragraphe 9.3.4.5 s'applique.

9.3.7.5 Courant de fuite

Le paragraphe 9.3.4.6 s'applique.

9.3.7.6 Vérification de l'échauffement

Le paragraphe 9.3.4.7 s'applique.

9.3.8 Séquence d'essais V: aptitude au fonctionnement en surcharge

9.3.8.1 Généralités

Cette séquence d'essais s'applique aux types de matériels indiqués dans le Tableau 17 et comprend les essais figurant dans ce tableau.

9.3.8.2 Essai de surcharge

Le matériel doit d'abord être conditionné à la température de la pièce. Le courant d'essai est égal à $1,6 \times I_{the}$ ou $1,6 \times I_{th}$ pendant une période de 1 h ou jusqu'à ce qu'un ou plusieurs fusibles fondent. Si la durée est inférieure à 1 h, celle-ci doit être consignée dans le rapport d'essai.

Le constructeur du matériel doit fournir les éléments de remplacement (voir partie applicable de la série IEC 60269) à utiliser pour l'essai. Les détails des éléments de remplacement utilisés doivent être consignés dans le rapport d'essai.

Le paragraphe 9.3.4.2 s'applique sauf qu'aucune température ne doit être mesurée.

Dans les 3 min à 5 min qui suivent le fonctionnement du ou des fusibles ou à l'expiration de la période de 1 h, le matériel doit être manœuvré une fois, c'est-à-dire être ouvert et fermé. Le matériel ne doit pas avoir subi de dégradation nuisant à une telle manœuvre. La force exigée pour ouvrir le matériel ne doit pas être supérieure à la force d'essai sur l'organe de commande de 9.2.6.2 de l'IEC 60947-1:2020 et du Tableau 17 de l'IEC 60947-1:2020.

La durée de l'essai de surcharge doit être mesurée et indiquée dans le rapport d'essai.

9.3.8.3 Vérification diélectrique

Le paragraphe 9.3.4.5 s'applique.

9.3.8.4 Courant de fuite

Le paragraphe 9.3.4.6 s'applique.

9.3.8.5 Vérification de l'échauffement

Le paragraphe 9.3.4.7 s'applique avec l'ajout suivant.

Les éléments de remplacement utilisés pendant l'essai de surcharge conformément à 9.3.8.2, doivent être remplacés par des éléments de remplacement neufs de même type et de mêmes caractéristiques assignées.

Tableau 17 – Séquence d'essais V: aptitude au fonctionnement en surcharge

Essais	N° de paragraphe	Echantillons ^b	Types de matériels et ordre des essais		
			Fusible-interrupteur et interrupteur à fusibles	Sectionneur à fusibles et fusible-sectionneur	Interrupteur-sectionneur à fusibles et fusible-interrupteur-sectionneur
Essai de surcharge	9.3.8.2	A	1	1	1
Vérification diélectrique	9.3.8.3	A	2	2	2
Courant de fuite ^a	9.3.8.4	A	—	3	3
Vérification de l'échauffement ^c	9.3.8.5	A	3	4	4

^a Cet essai n'est exigé que si U_e est supérieure à 50 V.

^b "A" est un échantillon de chaque conception de base, choisi parmi ceux dont le courant assigné, I_e , est le plus élevé, et, le cas échéant, ayant l'échauffement le plus élevé selon 9.3.3.4 d).

^c Avec l'accord du constructeur, la séquence d'essais peut être modifiée de telle manière que l'essai de vérification de l'échauffement soit effectué immédiatement après l'essai de surcharge, suivi des essais de vérification diélectrique et du courant de fuite, le cas échéant.

9.3.9 Séquence d'essais VI: fonctionnement au courant critique de charge du matériel avec une caractéristique en courant continu

9.3.9.1 Généralités

Cette séquence d'essais s'applique aux matériels indiqués au Tableau 20 et comprend les essais figurant dans le Tableau 20.

9.3.9.2 Détermination du courant critique de charge

9.3.9.2.1 Valeurs et conditions d'essai

L'essai de détermination du courant critique de charge n'a pas besoin d'être répété s'il a été déterminé à une valeur de constante de temps plus élevée.

L'essai doit être effectué à la tension continue maximale d'emploi, U_e , fixée par le constructeur.

La constante de temps du circuit d'essai doit être comme indiqué dans le Tableau 19.

Au choix du constructeur, on peut utiliser une valeur de constante de temps plus élevée. Il convient d'utiliser la même valeur de constante de temps pour chacun des essais effectués pour déterminer le courant critique de charge. Si une valeur de constante de temps plus élevée est utilisée, cela doit être mentionné dans le rapport.

Les valeurs de courant d'essai doivent être: 1 A, 2 A, 4 A, 8 A, 16 A, 32 A, 63 A, avec une tolérance de $\pm 10\%$, jusqu'au courant assigné d'emploi à la tension assignée d'emploi la plus élevée. Si nécessaire, la plage de courant d'essai doit être augmentée en appliquant un rapport de 2.

Les interrupteurs, interrupteurs-sectionneurs et combinés-fusibles doivent être ouverts sept fois, manuellement ou mécaniquement au choix du constructeur. Durant chaque cycle, les interrupteurs, les interrupteurs-sectionneurs et les combinés-fusibles doivent rester fermés suffisamment longtemps pour garantir l'établissement du courant complet, mais sans dépasser 2 s.

Le nombre de cycles de manœuvres par heure doit être conforme au Tableau 18.

Dans le cas d'un appareil dont les bornes d'entrée et de sortie sont identifiées, toutes les manœuvres doivent être effectuées avec l'alimentation branchée selon les marquages d'entrée et de sortie. Les essais sur des matériels dont les bornes d'entrée et de sortie ne sont pas marquées doivent être réalisés comme suit:

- a) avec l'alimentation branchée sur les bornes de la façon déterminée par le constructeur, si celui-ci démontre que le matériel possède un système de contacts et un agencement de contrôle d'arc symétriques pour ce qui est de l'intensité dans chaque pôle; ou
- b) avec les quatre premières opérations effectuées avec l'alimentation branchée dans un sens, suivies de trois opérations dans le sens opposé sur le même échantillon, si le matériel n'a pas de système de contacts et d'agencement de contrôle d'arc symétriques pour ce qui est de l'intensité dans chaque pôle.

Pour chaque courant d'essai, la durée d'arc moyenne est calculée. Si deux sens de circulation du courant sont admis, la plus grande des deux valeurs pour ce courant d'essai est utilisée pour une évaluation complémentaire. Si une durée d'arc moyenne est supérieure à 1,3 fois la valeur de la moyenne du courant assigné d'emploi à la tension assignée d'emploi la plus élevée, cela est considéré comme un courant critique.

NOTE Lors de la recherche du courant critique, si la valeur du courant d'essai est inférieure à la valeur précédente du courant, un nouvel échantillon peut être utilisé pour éviter les effets du magnétisme rémanent.

Si plusieurs courants critiques sont trouvés de cette manière, celui avec la durée d'arc la plus longue doit faire l'objet d'un essai.

Si aucune valeur critique de courant n'est trouvée selon ces critères, aucun autre essai complémentaire conformément à 9.3.9.2.1 n'est exigé. Au choix du constructeur, on peut effectuer l'essai à chaque valeur de courant sur un nouvel échantillon.

9.3.9.2.2 Circuit d'essai

Le paragraphe 9.3.5.2.2 s'applique.

9.3.9.2.3 Valeur du courant critique de charge

Le temps d'extinction de l'arc durant l'essai doit être enregistré et ne doit pas dépasser 1 s.

Lorsque toutes les manœuvres sont effectuées avec un courant qui ne circule que dans un seul sens, on calcule pour chaque valeur de courant d'essai le temps d'extinction moyen pour les six dernières manœuvres. Lorsque toutes les manœuvres sont effectuées avec un courant qui circule dans les deux sens, la moyenne des temps d'extinction des trois dernières manœuvres dans chaque sens doit être calculée. I_{crit} est le courant correspondant au temps d'extinction moyen maximal. Si aucun courant critique de charge n'est identifié au-dessous du courant assigné d'emploi, les essais restants de la séquence ne doivent pas être effectués.

9.3.9.3 Fonctionnement au courant critique de charge

L'essai peut être effectué sur un échantillon séparé. Cette séquence d'essais est identique à la séquence d'essais II (voir 9.3.5), mais le Tableau 5, le Tableau 6 et le Tableau 13 sont respectivement remplacés par le Tableau 18, le Tableau 19 et le Tableau 20. L'alimentation d'essai doit être branchée selon les marquages de charge et polarité, s'il y a lieu. Pour les interrupteurs dans lesquels le courant circule dans les deux sens, l'alimentation doit être branchée de façon à donner la plus grande durée d'arc au courant critique de charge, comme indiqué en 9.3.9.2.3.

La durée d'arc entre chaque manœuvre de coupure ne doit pas dépasser 1 s.

Tableau 18 – Nombre de cycles de manœuvres correspondant au courant critique de charge

Catégorie	Valeur assignée du produit A	Nombre de cycles de manœuvres par heure ^a	Nombre de cycles de manœuvres à I_{crit}
DC-21, DC-22 et DC-23	$I_e \leq 315$	120	100
	$315 < I_e \leq 630$	60	100
	$630 < I_e \leq 2\,500$	20	100
	$I_e > 2\,500$	10	100
^a Avec l'accord du constructeur, le nombre de cycles de manœuvres par heure peut être augmenté.			

Tableau 19 – Paramètres du circuit d'essai pour le Tableau 18

Catégorie d'emploi	Courant assigné d'emploi	Etablissement et coupure		
		I	UIU_e	L/R ms
DC-21A, DC-21B	Toutes valeurs	I_{crit}	1	1
DC-22A, DC-22B	Toutes valeurs	I_{crit}	1	2
DC-23A, DC-23B	Toutes valeurs	I_{crit}	1	7,5

Tableau 20 – Séquence d'essais VI: fonctionnement au courant critique de charge du matériel avec une caractéristique en courant continu

Essais	N° de paragraphe	Echantillons ^b	Types de matériels et ordre des essais			
			Interrupteur	Fusible-interrupteur et interrupteur à fusibles	Interrupteur-sectionneur	Interrupteur-sectionneur à fusibles et fusible-interrupteur-sectionneur
Détermination du courant critique de charge	9.3.9.2	A, B	1	1	1	1
Fonctionnement au courant critique de charge	9.3.9.3	C, D	2	2	2	2
Vérification diélectrique	9.3.5.3	C, D	3	3	3	3
Courant de fuite ^a	9.3.5.4	C, D	—	—	4	4
Vérification de l'échauffement	9.3.5.5	C, D	4	4	5	5

^a Cet essai n'est exigé que si U_e est supérieure à 50 V.

^b "A" et "C" sont des échantillons de chaque conception de base, choisis parmi ceux dont le courant assigné, I_e , est le plus élevé, et, le cas échéant, ayant l'échauffement le plus élevé selon 9.3.3.4 d). "B" et "D", le cas échéant, sont des échantillons pour vérifier toutes les combinaisons de U_e , I_e , caractéristiques en courant continu, à soumettre aux essais.

9.4 Essais de compatibilité électromagnétique

9.4.1 Généralités

Le paragraphe 9.4 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique avec l'ajout suivant:

Pendant les essais, le critère de comportement suivant s'applique:

- la séparation ou la fermeture des contacts non intentionnelle ne doit pas se produire.

9.4.2 Immunité

9.4.2.1 Matériels comprenant des circuits électroniques

Les exigences de 8.3.2 de l'IEC 60947-1:2020 s'appliquent. Pour vérifier la conformité à ces exigences, les essais contenus dans le Tableau 7 doivent être effectués.

9.4.3 Emission

9.4.3.1 Matériels ne comprenant pas de circuits électroniques

Aucun essai n'est nécessaire (voir 8.3.3.1).

9.4.3.2 Matériels comprenant des circuits électroniques

Les exigences de 8.3.3.2 s'appliquent. Les limites contenues dans le Tableau 8 doivent être vérifiées par des essais.

Les mesures doivent être faites dans le mode de fonctionnement, incluant les conditions de mise à la terre, produisant l'émission la plus élevée dans la bande de fréquences étudiée correspondant aux conditions normales de service (voir Article 6).

Chaque mesure doit être effectuée dans des conditions définies et reproductibles.

9.5 Essais spéciaux

9.5.1 Endurance mécanique et électrique

La résistance à l'usure mécanique et/ou électrique est démontrée par l'essai de fonctionnement en service décrit en 9.3.5.2.

Lorsque des conditions anormales de service sont prévues (voir également la note de 8.2.4.3.1 de l'IEC 60947-1:2020), les essais suivants décrits en 9.5.2 et en 9.5.3 peuvent être nécessaires.

9.5.2 Durabilité mécanique

L'essai de durabilité mécanique (voir 8.2.4.3 et 9.1.5), lorsqu'il est demandé, est effectué conformément aux exigences appropriées de 9.3.5.2, sauf que, pour les matériels aptes au sectionnement, la valeur maximale du courant de fuite ne doit pas dépasser 6 mA par pôle pour toutes les catégories d'emploi.

Le nombre total de cycles de manœuvres doit être conforme à ce qui est déclaré par le constructeur.

9.5.3 Durabilité électrique

L'essai de durabilité électrique (voir 8.2.4.4 et 9.1.5), lorsqu'il est demandé, est effectué conformément aux exigences appropriées de 9.3.5.2, sauf que, pour les matériels aptes au sectionnement, la valeur maximale du courant de fuite ne doit pas dépasser 6 mA par pôle pour les catégories d'emploi AC-21, AC-22, AC-23, AC-23e, DC-21, DC-22 et DC-23.

Les matériels de catégories d'emploi AC-20A, AC-20B, DC-20A et DC-20B ne sont pas soumis à cet essai.

Le nombre total de cycles de manœuvres doit être conforme à ce qui est déclaré par le constructeur.

9.5.4 Chaleur humide, brouillard salin, vibrations et chocs

Ces essais spéciaux doivent être effectués soit au choix du constructeur, soit selon un accord entre le constructeur et l'utilisateur (voir 3.8.4 de l'IEC 60947-1:2020). En tant qu'essais spéciaux, à moins d'indication contraire, ces essais supplémentaires ne sont pas obligatoires et il n'est pas nécessaire pour un interrupteur, un sectionneur, un interrupteur-sectionneur ou un combiné-fusibles de satisfaire à ces essais pour être conforme au présent document.

L'Annexe Q de l'IEC 60947-1:2020 s'applique.

La vérification des produits et l'aptitude au fonctionnement après l'essai doivent être démontrées par conformité aux exigences applicables de 9.3.4.7.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60947-3:2020

Annexe A (normative)

Matériel pour la commande directe d'un seul moteur

A.1 Généralités

Les interrupteurs, les interrupteurs-sectionneurs et les combinés-fusibles normalement destinés à la commande directe d'un seul moteur doivent répondre aux exigences supplémentaires de l'Annexe A. Ces exigences sont essentiellement les mêmes que celles des paragraphes correspondants de l'IEC 60947-4-1:2018, et le matériel conforme à la présente annexe peut porter sur sa plaque signalétique l'indication de la catégorie d'emploi correspondante selon le Tableau A.1.

A.2 Service assigné

A.2.1 Service intermittent périodique ou service intermittent

Le paragraphe 5.3.4.3 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique avec les ajouts suivants:

Suivant le nombre de cycles de manœuvres qu'ils doivent être capables d'effectuer par heure, les matériels sont répartis entre les diverses classes suivantes:

- classe 1: jusqu'à 1 cycle de manœuvres par heure;
- classe 3: jusqu'à 3 cycles de manœuvres par heure;
- classe 12: jusqu'à 12 cycles de manœuvres par heure;
- classe 30: jusqu'à 30 cycles de manœuvres par heure;
- classe 120: jusqu'à 120 cycles de manœuvres par heure.

A.2.2 Service temporaire

Le paragraphe 5.3.4.4 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique.

A.3 Pouvoirs de fermeture et de coupure

Un matériel est défini par ses pouvoirs de fermeture et ses pouvoirs de coupure, conformément aux catégories d'emploi, comme spécifié dans le Tableau A.2 (voir Article A.4).

A.4 Catégorie d'emploi

Les catégories d'emploi énumérées à l'Article A.2 sont considérées comme normales dans la présente annexe. Tout autre type de catégorie d'emploi doit être basé sur un accord entre le constructeur et l'utilisateur, mais les renseignements donnés dans le catalogue ou la soumission du constructeur peuvent tenir lieu d'un tel accord.

Chaque catégorie d'emploi est caractérisée par les valeurs des courants et des tensions, exprimées en multiples du courant assigné d'emploi et de la tension assignée d'emploi, ainsi que par les facteurs de puissance ou les constantes de temps figurant dans le Tableau A.2 et les autres conditions d'essai intervenant dans les définitions des pouvoirs assignés de fermeture et de coupure.

Pour les matériels définis par leur catégorie d'emploi, il est donc inutile de spécifier séparément les pouvoirs de fermeture et de coupure puisque ces valeurs dépendent directement de la catégorie d'emploi comme l'indique le Tableau A.2.

Les catégories d'emploi du Tableau A.2 correspondent en principe aux applications énumérées au Tableau A.1.

Tableau A.1 – Catégories d'emploi

Catégories d'emploi		Applications caractéristiques
Courant alternatif	AC-2	Moteurs à bagues: démarrage, inversion de marche ^a , coupure
	AC-3	Moteurs à cage ^c : démarrage, coupure des moteurs lancés, inversion du sens de rotation ^{d, f}
	AC-3e	Moteurs à cage ayant un courant à rotor bloqué supérieur ^e : démarrage, coupure des moteurs lancés, inversion du sens de rotation ^{d, f}
	AC-4	Moteurs à cage: démarrage, inversion de marche ^a , marche par à-coups ^b
Courant continu	DC-3	Moteurs shunt: démarrage, inversion de marche ^a , marche par à-coups ^b , coupure des moteurs lancés en courant continu
	DC-5	Moteurs série: démarrage, inversion de marche ^a , marche par à-coups ^b , coupure des moteurs lancés en courant continu
La commande de circuits rotoriques, de condensateurs ou de lampes à filament de tungstène doit faire l'objet d'un accord spécial entre le constructeur et l'utilisateur.		
^a Par inversion de marche, on entend l'arrêt ou l'inversion rapide du sens de rotation du moteur en permutant des connexions d'alimentation du moteur pendant que celui-ci tourne. ^b Par marche par à-coups, on entend une commande caractérisée par la mise sous tension pendant une ou plusieurs périodes brèves et consécutives du circuit d'un moteur, dans le but d'obtenir de petits déplacements de l'organe entraîné. ^c Moteur asynchrone de conception N et H conformément à l'IEC 60034-12. ^d Par inversion, on entend inverser le sens du mouvement en permutant les connexions d'alimentation du moteur uniquement lorsque celui-ci ne tourne pas. ^e Moteur asynchrone de conception NE et HE, conformément à l'IEC 60034-12, ayant respectivement une puissance apparente et un courant à rotor bloqué prolongé/supérieur à ceux des modèles N et H, pour atteindre une classe de rendement supérieure conformément à l'IEC 60034-30-1. ^f La catégorie AC-3 peut être utilisée pour la marche par à-coups ou l'inversion de marche occasionnelle pour des périodes de temps limitées, telles que la configuration de la machine; pendant ces périodes de temps limitées, il convient que le nombre de ces opérations soit inférieur ou égal à cinq par minute et à dix par période de 10 min.		

Tableau A.2 – Pouvoirs assignés de fermeture et de coupure correspondant aux diverses catégories d'emploi

Catégories d'emploi	Conditions d'établissement et de coupure					
	I_c/I_e	U_r/U_e	$\cos \phi$	Durée de passage du courant s^b	Durée de repos s	Nombre de cycles de manœuvres
AC-2	4,0	1,05	0,65	0,05	c	50
AC-3 ^e	8,0	1,05	a	0,05	c	50
AC-3e ^e	8,5	1,05	a	0,05	c	50
AC-4 ^e	10,0	1,05	a	0,05	c	50
			L/R ms			
DC-3	4,0	1,05	2,5	0,05	c	50 ^f
DC-5	4,0	1,05	15,0	0,05	c	50 ^f
Catégories d'emploi	Conditions d'établissement					
	III_e	UI/U_e	$\cos \phi$	Durée de passage du courant s^b	Durée de repos s	Nombre de cycles de manœuvres
AC-3	10	1,05 ^d	a	0,05	10	50
AC-3e	12 ^g	1,05 ^d	g	0,05	10	50
AC-4	12	1,05 ^d	a	0,05	10	50

Légende

I = courant établi. Le courant établi est exprimé en valeurs symétriques, efficaces en courant alternatif, ou en courant continu, étant entendu qu'en courant alternatif la valeur de crête de la composante asymétrique du courant correspondant au facteur de puissance du circuit peut avoir une valeur plus élevée.

I_c = courant établi et coupé, exprimé en valeurs symétriques, efficaces en courant alternatif, ou en courant continu.

I_e = courant assigné d'emploi

U = tension appliquée

U_r = tension de rétablissement à fréquence industrielle ou en courant continu.

U_e = tension assignée d'emploi

$\cos \phi$ = facteur de puissance du circuit d'essai.

L/R = constante de temps du circuit d'essai

^a $\cos \phi = 0,45$ pour $I_e \leq 100$ A, 0,35 pour $I_e > 100$ A.

^b La durée peut être inférieure à 0,05 s, à condition que les contacts puissent être convenablement positionnés avant réouverture.

^c Voir Tableau A.3.

^d Pour UI/U_e , une tolérance de $\pm 20\%$ est admise.

^e Les conditions d'établissement doivent aussi être vérifiées, mais peuvent être combinées avec l'essai d'établissement et de coupure avec l'accord du constructeur. Les multiples du courant établi doivent être comme indiqué pour III_e et le courant coupé comme indiqué pour I_c/I_e . La durée de coupure est à déterminer d'après le Tableau A.3.

^f 25 cycles de manœuvres à une polarité et 25 cycles de manœuvres à la polarité inverse.

^g $\cos \phi = 0,35$ pour $I_e \leq 100$ A; $\cos \phi = 0,25$ pour $I_e > 100$ A.

Il appartient au constructeur de choisir un facteur III_e compris entre 12 et 13. Dans ce cas, le facteur de puissance est donné par les formules suivantes:

$I_e \leq 100$ A: $\cos \phi = 0,1 \times III_e - 0,85$

$I_e > 100$ A: $\cos \phi = 0,1 \times III_e - 0,95$

Tableau A.3 – Relation entre le courant coupé I_c et la durée de repos pour la vérification des pouvoirs assignés de fermeture et de coupure

Courant coupé, I_c				Durée de repos
A				s
	I_c	$\leq$	100	10
100	$< I_c$	$\leq$	200	20
200	$< I_c$	$\leq$	300	30
300	$< I_c$	$\leq$	400	40
400	$< I_c$	$\leq$	600	60
600	$< I_c$	$\leq$	800	80
800	$< I_c$	$\leq$	1 000	100
1 000	$< I_c$	$\leq$	1 300	140
1 300	$< I_c$	$\leq$	1 600	180
1 600	$< I_c$			240

Les valeurs de la durée de repos peuvent être réduites si elles sont acceptées par le constructeur.

A.5 Fonctionnement en service

Le paragraphe 8.2.4.2 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique avec les ajouts suivants:

Les matériels doivent pouvoir établir et couper, sans défaillance, les courants dans les conditions conventionnelles définies dans le Tableau A.4 pour les catégories d'emploi exigées et le nombre de cycles de manœuvres indiqué dans ce tableau.

Tableau A.4 – Fonctionnement en service – Conditions d'établissement et de coupure correspondant aux diverses catégories d'emploi

Catégories d'emploi	Conditions d'établissement et de coupure					
	I_c/I_e	U_r/U_e	$\cos \phi$	Durée de passage du courant s^b	Durée de repos s	Nombre de cycles de manœuvres
AC-2	2,0	1,05	0,65	0,05	^c	6 000
AC-3	2,0	1,05	a	0,05	^c	6 000
AC-3e	2,0	1,05	a	0,05	^c	6 000
AC-4	6,0	1,05	a	0,05	^c	6 000
			L/R ms			
DC-3	2,5	1,05	2,0	0,05	^c	6 000 ^d
DC-5	2,5	1,05	7,5	0,05	^c	6 000 ^d

Légende

I_c = courant établi ou coupé. Le courant établi est exprimé en valeurs symétriques, efficaces en courant alternatif, ou en courant continu, mais il est entendu que la valeur réelle est la valeur de crête correspondant au facteur de puissance du circuit.

I_e = courant assigné d'emploi

U_r = tension de rétablissement à fréquence industrielle ou en courant continu.

U_e = tension assignée d'emploi

L/R = constante de temps du circuit d'essai

^a	$\cos \phi = 0,45$ pour $I_e \leq 100$ A, 0,35 pour $I_e > 100$ A.
^b	La durée peut être inférieure à 0,05 s, à condition que les contacts puissent être convenablement positionnés avant réouverture.
^c	Ces durées de repos ne doivent pas être supérieures aux valeurs spécifiées dans le Tableau A.3.
^d	3 000 cycles de manœuvres à une polarité et 3 000 cycles de manœuvres à la polarité inverse.

A.6 Durabilité mécanique

Le paragraphe 8.2.4.3.1 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique avec l'ajout suivant:

Les nombres privilégiés de cycles de manœuvres à vide, exprimés en millions, sont:

0,001 – 0,003 – 0,01 – 0,03 – 0,1 – 0,3 et 1.

Si aucune endurance mécanique n'est indiquée par le constructeur, une classe de service intermittent implique une endurance mécanique minimale correspondant à 8 000 h de fonctionnement à la plus grande fréquence de cycles de manœuvres correspondante (voir A.2.1).

A.7 Durabilité électrique

Le paragraphe 8.2.4.3.2 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique avec l'ajout suivant:

Le nombre total de cycles de manœuvres en charge doit être comme indiqué par le constructeur.

A.8 Vérification des pouvoirs de fermeture et de coupure

Voir 9.3.4.4, sauf que les valeurs d'essai doivent être conformes au Tableau A.2 et au Tableau A.3.

Avec l'accord du constructeur, les essais de l'Article A.8 et de l'Article A.9 peuvent être effectués sur le même échantillon.

A.9 Essai de fonctionnement en service

Voir 9.3.5.2, sauf que les conditions d'essai doivent être conformes au Tableau A.4.

Avec l'accord du constructeur, les essais de l'Article A.8 et de l'Article A.9 peuvent être effectués sur le même échantillon.

A.10 Essais spéciaux

A.10.1 Généralités

La résistance à l'usure mécanique et/ou électrique est démontrée par l'essai de fonctionnement en service décrit à l'Article A.9.

Lorsque des conditions anormales de service sont prévues (voir également 8.2.4.3 de l'IEC 60947-1:2020), les essais suivants peuvent être nécessaires.