

# INTERNATIONAL STANDARD

## NORME INTERNATIONALE



**Low-voltage switchgear and controlgear –  
Part 9-2: Active arc-fault mitigation systems – Optical-based internal  
arc-detection and mitigation devices**

**Appareillage à basse tension –  
Partie 9-2: Systèmes actifs de limitation des défauts d'arc – Dispositifs optiques  
de détection et de limitation d'arcs internes**



## THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2021 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](mailto:info@iec.ch)  
[www.iec.ch](http://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](http://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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.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](http://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](http://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](mailto:sales@iec.ch).

#### IEC online collection - [oc.iec.ch](http://oc.iec.ch)

Discover our powerful search engine and read freely all the publications previews. With a subscription you will always have access to up to date content tailored to your needs.

#### Electropedia - [www.electropedia.org](http://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 18 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

### 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](http://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](http://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](http://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](mailto:sales@iec.ch).

#### IEC online collection - [oc.iec.ch](http://oc.iec.ch)

Découvrez notre puissant moteur de recherche et consultez gratuitement tous les aperçus des publications. Avec un abonnement, vous aurez toujours accès à un contenu à jour adapté à vos besoins.

#### Electropedia - [www.electropedia.org](http://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.

# INTERNATIONAL STANDARD

## NORME INTERNATIONALE



**Low-voltage switchgear and controlgear –  
Part 9-2: Active arc-fault mitigation systems – Optical-based internal  
arc-detection and mitigation devices**

**Appareillage à basse tension –  
Partie 9-2: Systèmes actifs de limitation des défauts d'arc – Dispositifs optiques  
de détection et de limitation d'arcs internes**

INTERNATIONAL  
ELECTROTECHNICAL  
COMMISSION

COMMISSION  
ELECTROTECHNIQUE  
INTERNATIONALE

ICS 29.120.40; 29.130.20

ISBN 978-2-8322-9606-6

**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.....                                                                                     | 11 |
| 2 Normative references .....                                                                     | 12 |
| 3 Terms and definitions .....                                                                    | 13 |
| 4 Classification.....                                                                            | 16 |
| 4.1 IACD type .....                                                                              | 16 |
| 4.1.1 Stand-alone type IACD .....                                                                | 16 |
| 4.1.2 Multifunction-type IACD .....                                                              | 17 |
| 4.1.3 Combined-type IACD .....                                                                   | 17 |
| 4.2 Combination of sensors .....                                                                 | 18 |
| 4.2.1 Optical sensors-only type .....                                                            | 18 |
| 4.2.2 Optical sensors and secondary sensors type .....                                           | 18 |
| 4.3 Binary output types .....                                                                    | 19 |
| 4.3.1 Operate output .....                                                                       | 19 |
| 4.3.2 Auxiliary binary output .....                                                              | 19 |
| 5 Characteristics .....                                                                          | 19 |
| 5.1 Maximum arc-fault detection time.....                                                        | 19 |
| 5.2 Maximum arc-fault extinction time.....                                                       | 19 |
| 5.3 Minimum arc-fault detection current value.....                                               | 19 |
| 5.4 Maximum prospective short-circuit current value.....                                         | 19 |
| 6 Product information .....                                                                      | 20 |
| 6.1 Nature of information .....                                                                  | 20 |
| 6.2 Markings.....                                                                                | 20 |
| 6.3 Instructions for installation, operation, maintenance, decommissioning and dismantling ..... | 21 |
| 7 Normal service, mounting and transport conditions.....                                         | 22 |
| 8 Constructional and performance requirements.....                                               | 22 |
| 8.1 Constructional requirements .....                                                            | 22 |
| 8.1.1 General .....                                                                              | 22 |
| 8.1.2 Creepages and clearances .....                                                             | 22 |
| 8.1.3 Material requirement.....                                                                  | 22 |
| 8.2 Performance requirements.....                                                                | 23 |
| 8.2.1 General .....                                                                              | 23 |
| 8.2.2 Operating conditions.....                                                                  | 23 |
| 8.2.3 Temperature-rise .....                                                                     | 23 |
| 8.3 Electromagnetic compatibility (EMC).....                                                     | 24 |
| 9 Tests .....                                                                                    | 24 |
| 9.1 General – Kind of tests .....                                                                | 24 |
| 9.2 Compliance with constructional requirements.....                                             | 24 |
| 9.3 Type tests.....                                                                              | 24 |
| 9.3.1 General .....                                                                              | 24 |
| 9.3.2 Guidance on sample selection .....                                                         | 26 |
| 9.3.3 Light-immunity tests.....                                                                  | 29 |
| 9.3.4 Detection and extinction tests.....                                                        | 31 |
| 9.3.5 Dielectric properties.....                                                                 | 37 |

|                       |                                                              |    |
|-----------------------|--------------------------------------------------------------|----|
| 9.3.6                 | EMC tests.....                                               | 38 |
| 9.3.7                 | Environmental tests .....                                    | 39 |
| 9.3.8                 | Temperature-rise tests.....                                  | 41 |
| 9.3.9                 | Functional tests .....                                       | 41 |
| 9.4                   | Routine tests.....                                           | 41 |
| 9.4.1                 | General .....                                                | 41 |
| 9.4.2                 | Functional requirements .....                                | 42 |
| 9.4.3                 | Safety requirements.....                                     | 42 |
| 10                    | Test report.....                                             | 43 |
| Annex A (normative)   | Detection tests under reduced energy arcs .....              | 44 |
| A.1                   | General.....                                                 | 44 |
| A.2                   | Electrical test circuit, electrodes and arc parameters ..... | 45 |
| A.2.1                 | Electrical test circuit .....                                | 45 |
| A.2.2                 | Calibration of test circuit .....                            | 45 |
| A.2.3                 | Electrodes .....                                             | 45 |
| A.2.4                 | Ignition wire .....                                          | 45 |
| A.2.5                 | Arc electrical values .....                                  | 45 |
| A.2.6                 | Environmental conditions.....                                | 46 |
| A.2.7                 | Conditioning of test objects.....                            | 46 |
| A.3                   | Preparation and maintenance .....                            | 46 |
| A.3.1                 | Preparation and conditioning of the test box .....           | 46 |
| A.3.2                 | Care and maintenance of the test equipment.....              | 47 |
| A.4                   | Optical sensors conditioning and positioning.....            | 47 |
| A.5                   | Instructions for IACD maintenance during test sequence ..... | 49 |
| Annex B (normative)   | Detection and extinction tests for high energy arcs .....    | 50 |
| B.1                   | General.....                                                 | 50 |
| B.2                   | Test specimen, electrical test circuit, arc parameters ..... | 50 |
| B.2.1                 | Test specimen (stand-alone or multifunction-type IACD).....  | 50 |
| B.2.2                 | Test specimen (combined-type IACD).....                      | 51 |
| B.2.3                 | Electrical test circuit .....                                | 55 |
| B.2.4                 | IACD configuration .....                                     | 56 |
| B.2.5                 | Arc parameters .....                                         | 56 |
| B.3                   | Environmental conditions .....                               | 56 |
| B.4                   | Optical sensors conditioning and positioning.....            | 57 |
| B.5                   | Instructions for maintenance .....                           | 58 |
| Annex C (normative)   | Arcing current parameters.....                               | 59 |
| C.1                   | Preamble .....                                               | 59 |
| C.2                   | The different phases of an arc .....                         | 59 |
| C.3                   | Detection of arc initiation ( $t_0$ ) .....                  | 60 |
| C.4                   | Arc continuity .....                                         | 62 |
| C.5                   | Detection of arc-extinction .....                            | 62 |
| C.5.1                 | General .....                                                | 62 |
| C.5.2                 | Quenching device .....                                       | 62 |
| C.5.3                 | Current-switching device .....                               | 62 |
| C.6                   | Measurement means.....                                       | 62 |
| C.7                   | Waveform consistency .....                                   | 62 |
| Annex D (informative) | IACD optical measurements .....                              | 64 |
| D.1                   | Preamble .....                                               | 64 |

|                       |                                                                                                    |    |
|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| D.1.1                 | General .....                                                                                      | 64 |
| D.1.2                 | Photometry – The appearance point of view .....                                                    | 64 |
| D.1.3                 | Radiometry – The technical point of view .....                                                     | 64 |
| D.2                   | The different optical units .....                                                                  | 64 |
| D.2.1                 | General .....                                                                                      | 64 |
| D.2.2                 | The luminosity function .....                                                                      | 65 |
| D.2.3                 | How to use the luminosity function .....                                                           | 66 |
| D.3                   | Light measurement .....                                                                            | 68 |
| D.3.1                 | Use of a luxmeter .....                                                                            | 68 |
| D.3.2                 | Use of a spectrometer .....                                                                        | 69 |
| D.3.3                 | Spectrometer operation .....                                                                       | 70 |
| D.3.4                 | Calibration .....                                                                                  | 71 |
| D.3.5                 | Absolute irradiance calibration .....                                                              | 73 |
| D.3.6                 | Luxmeter operation .....                                                                           | 73 |
| D.3.7                 | Luxmeter calibration .....                                                                         | 74 |
| D.3.8                 | Luxmeter to spectrometer comparison .....                                                          | 75 |
| D.4                   | Measuring the sensitivity and bandwidth of the optical sensors of an IACD .....                    | 75 |
| Annex E (normative)   | Ambient light immunity tests .....                                                                 | 77 |
| E.1                   | General .....                                                                                      | 77 |
| E.2                   | Test method .....                                                                                  | 78 |
| E.2.1                 | Principle .....                                                                                    | 78 |
| E.2.2                 | IACD installation and setup .....                                                                  | 78 |
| E.2.3                 | Environmental conditions .....                                                                     | 79 |
| E.2.4                 | Requirements for light source .....                                                                | 79 |
| E.2.5                 | Requirements for luxmeter .....                                                                    | 79 |
| E.2.6                 | Calibration and testing method .....                                                               | 80 |
| E.2.7                 | Test report .....                                                                                  | 82 |
| Annex F (informative) | Items subject to agreement between manufacturer and user .....                                     | 83 |
| Bibliography          | .....                                                                                              | 84 |
| Figure 1              | Optical-based IACD schematic (stand-alone type and no secondary sensor) .....                      | 11 |
| Figure 2              | Stand-alone type IACD architecture overview .....                                                  | 17 |
| Figure 3              | Multifunction-type IACD architecture overview .....                                                | 17 |
| Figure 4              | Combined-type IACD architecture overview .....                                                     | 18 |
| Figure 5              | Stand-alone IACD (hardware) architecture .....                                                     | 27 |
| Figure 6              | Multifunction-type IACD (hardware) architecture .....                                              | 28 |
| Figure 7              | Reduced energy detection tests – Arrangement principle .....                                       | 33 |
| Figure 8              | Method of test .....                                                                               | 35 |
| Figure 9              | High energy detection and extinction tests – Arrangement principle .....                           | 36 |
| Figure A.1            | Arc-test box outline .....                                                                         | 44 |
| Figure A.2            | Positioning principle (point-sensor test case) .....                                               | 48 |
| Figure A.3            | Positioning principle (optical fibre test case) .....                                              | 49 |
| Figure B.1            | Three-phase edge-to-edge arrangement principle (stand-alone or multifunction-type, top view) ..... | 50 |
| Figure B.2            | Three-phase face-to-face arrangement principle (stand-alone or multifunction-type, top view) ..... | 51 |

|                                                                                                                                                            |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figure B.3 – Three-phase edge-to-edge arrangement principle (line combined-type, top view).....                                                            | 52 |
| Figure B.4 – Three-phase face-to-face arrangement principle (line combined-type, top view).....                                                            | 53 |
| Figure B.5 – Three-phase test edge-to-edge arrangement principle (parallel combined-type, top view) .....                                                  | 54 |
| Figure B.6 – Three-phase test face-to-face arrangement principle (parallel combined-type, top view) .....                                                  | 55 |
| Figure B.7 – Positioning of optical sensor vs arc .....                                                                                                    | 57 |
| Figure C.1 – Detection of arc ignition .....                                                                                                               | 61 |
| Figure C.2 – Example of invalid test due to unintended arcing caused by incorrect connection of ignition wire .....                                        | 63 |
| Figure D.1 – The luminosity function, also known as $v(\lambda)$ curve, describes the sensitivity of the human eye.....                                    | 66 |
| Figure D.2 – Example of a measured absolute irradiance spectrum from an arc formed across two copper busbars at 5 kA (RMS) 60 Hz .....                     | 67 |
| Figure D.3 – Resulting integrals of the illuminance, $\Phi_v$ , and irradiance, $\Phi_e$ , produced from the measured arc data taken from Figure D.2 ..... | 68 |
| Figure D.4 – Block diagram of typical luxmeter circuit .....                                                                                               | 69 |
| Figure D.5 – Example of spectral irradiance measurement from a compact fluorescent light .....                                                             | 69 |
| Figure D.6 – Basic components of a spectrometer .....                                                                                                      | 71 |
| Figure D.7 – Calculated emission of a Planck's emitter at 2 500 K, $v(\lambda)$ curve and resulting overlap .....                                          | 73 |
| Figure D.8 – Calibration bench for luxmeters.....                                                                                                          | 74 |
| Figure D.9 – Examples of spectral irradiance measured at 50 cm distance between spectrometer and light source .....                                        | 76 |
| Figure D.10 – Spectral irradiance examples comparing a continuous xenon light source to a pulsed xenon light source.....                                   | 76 |
| Figure E.1 – Calibrating the system for 2 000 lx.....                                                                                                      | 78 |
| Figure E.2 – Luxmeter readings for QTH at 207 W (6,50 A at 31,8 V) at various distances between the luxmeter and the light source .....                    | 80 |
| Figure E.3 – Test setup for an IACD fitted with point-sensor .....                                                                                         | 81 |
| Figure E.4 – Test setup for an IACD fitted with optical fibre sensor .....                                                                                 | 81 |
| Table 1 – Markings and indications for an IACD <sup>d</sup> .....                                                                                          | 20 |
| Table 2 – Test conditions for glow-wire test .....                                                                                                         | 23 |
| Table 3 – Tests sequences for standalone-type or multifunction-type IACD .....                                                                             | 25 |
| Table 4 – Tests sequences for combined-type IACD .....                                                                                                     | 26 |
| Table 5 – General conditions of tests under high energy .....                                                                                              | 37 |
| Table 6 – EMC – Emission tests .....                                                                                                                       | 39 |
| Table 7 – Insulation test parameters .....                                                                                                                 | 40 |
| Table 8 – Vibration test parameters .....                                                                                                                  | 40 |
| Table A.1 – Test circuit conditions .....                                                                                                                  | 45 |
| Table A.2 – Ignition wire specifications .....                                                                                                             | 45 |
| Table A.3 – Arc parameters .....                                                                                                                           | 46 |
| Table A.4 – Environmental conditions .....                                                                                                                 | 46 |

|                                                                              |    |
|------------------------------------------------------------------------------|----|
| Table A.5 – Point-sensor positioning values.....                             | 47 |
| Table A.6 – Optical fibre sensor positioning values .....                    | 48 |
| Table B.1 – Test circuit conditions .....                                    | 56 |
| Table B.2 – Arc values.....                                                  | 56 |
| Table B.3 – Environmental conditions .....                                   | 57 |
| Table B.4 – Point-sensor positioning values.....                             | 58 |
| Table B.5 – Optical fibre sensor positioning values .....                    | 58 |
| Table B.6 – Authorized maintenance.....                                      | 58 |
| Table C.1 – Main phases of an arc-fault.....                                 | 59 |
| Table D.1 – Selected photometric and radiometric definitions and units ..... | 65 |
| Table E.1 – Minimum ambient light values regarding specific workplaces ..... | 77 |

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60947-9-2:2021



## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

## LOW-VOLTAGE SWITCHGEAR AND CONTROLGEAR –

**Part 9-2: Active arc-fault mitigation systems –  
Optical-based internal arc-detection and mitigation devices**

## 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.

IEC 60947-9-2 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. It is an International Standard.

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

| Draft         | Report on voting |
|---------------|------------------|
| 121A/406/FDIS | 121A/417/RVD     |

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

The language used for the development of this International Standard is English.

This document was drafted in accordance with ISO/IEC Directives, Part 2, and developed in accordance with ISO/IEC Directives, Part 1 and ISO/IEC Directives, IEC Supplement, available at [www.iec.ch/members\\_experts/refdocs](http://www.iec.ch/members_experts/refdocs). The main document types developed by IEC are described in greater detail at [www.iec.ch/standardsdev/publications](http://www.iec.ch/standardsdev/publications).

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.

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60947-9-2:2021

## INTRODUCTION

Low-voltage switchgear and controlgear, as well as complementary protective and measuring devices, are installed in assemblies according to IEC 61439 series standards and/or others, which provide rules and requirements for interface characteristics, service conditions, construction, performance and verification.

The main objective of these standards is to achieve the safe operation of low-voltage switchgear and controlgear assemblies under normal operating conditions as well as under abnormal operating conditions, e.g. occurrence of overvoltage, overload or short-circuit currents.

The case of an arc-fault inside a LV assembly is considered by the following publications:

- IEC TR 61641, which specifies tests requirements for assemblies under internal arc-fault;
- IEC TR 61439-0:2013, which identifies arc-fault containment in its Annex C;
- IEC TS 63107, which specifies tests to verify correct integration of internal arc-fault mitigation systems in power switchgear and controlgear assemblies (PSC assemblies) according to IEC 61439-2.

Even in a Class I assembly according to IEC TR 61641, the occurrence of an internal arc cannot be completely excluded. Typically, internal arc-faults result from:

- conducting materials inadvertently left inside equipment during manufacture, installation or maintenance;
- failures in materials or workmanship;
- inadvertent contact with a live conductor;
- entry of small animals such as mice, snakes, ants, etc.;
- use of an incorrect assembly for the application resulting in overheating and subsequently an internal arcing fault;
- inappropriate operating conditions (for example water, fungus, or dust);
- incorrect operation; or,
- lack of maintenance or inappropriate maintenance (loose parts, paint, etc.).

The occurrence of arcs inside enclosed assemblies is associated with various physical phenomena. For example, the arc energy resulting from an arc developed in air at atmospheric pressure within the enclosure will cause an internal overpressure and local overheating which will result in mechanical and thermal stressing of the assembly. Moreover, the materials involved may produce hot decomposition products, either gases, metals or vapours, which may be discharged outside of the enclosure.

Due to the risk of personal injury, damage and loss of energy supply as consequences of internal arc-faults there is a growing demand for internal arc-fault sensing and mitigation. This is the reason why some standards have been drafted to give specifications including test protocol and acceptance criteria for corresponding devices. Arc-fault effects can be dramatically reduced by active arc-fault mitigation systems, combining fast detection of the internal arc-fault, and related actions on short-circuit protection devices and/or additional quenching devices. Therefore, the application of such devices can result in:

- reduction of incident/released energy;
- shortening of power outage/downtime (by minimizing damage to the enclosed equipment, switchgear and controlgear as well as other measuring and protective devices);
- limitation of side-effects to other systems, due to high and continuously increasing density of installed apparatus.

This document is intended to cover devices and functions dedicated to:

- detect an arc-fault internal to an assembly by processing optical effects of an internal arc-fault, and to signal and trigger devices intended to mitigate the internal arc-fault, and
- detect by processing optical effects of an internal arc-fault and mitigate the impact of the internal arc-fault by its extinction.

NOTE Even when both terms are related to assemblies in which an arc occurs between conductors, arc-flash is terminology mainly used in NFPA 70E, CSA Z462 and IEEE 1584, which usually describes effects of direct exposure of workers to thermal energy emitted, whereas the term "internal arc-fault" as used in this document describes the hot-gas flow phenomena which can injure people in the vicinity of the arcing current.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60947-9-2:2021

## LOW-VOLTAGE SWITCHGEAR AND CONTROLGEAR –

### Part 9-2: Active arc-fault mitigation systems – Optical-based internal arc-detection and mitigation devices

#### 1 Scope

This document covers internal arc-fault control devices, hereinafter referred to as IACD, which are intended to:

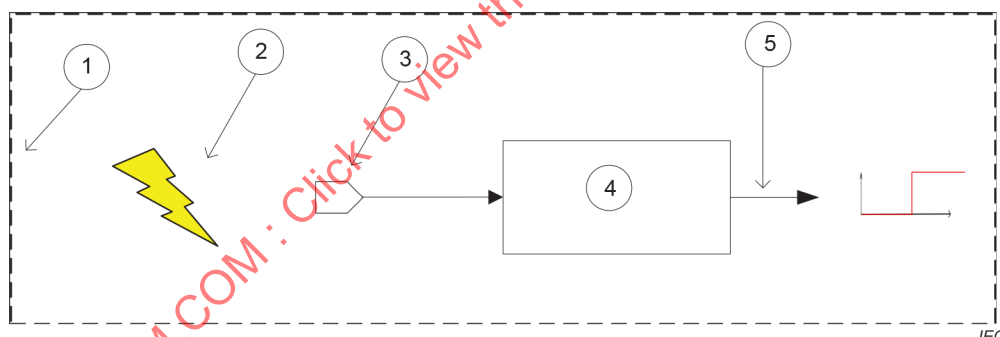
- detect internal arc-faults in low-voltage switchgear and controlgear assemblies, by processing (at a minimum) the optical effect of an internal arc-fault, and
- operate mitigation device (either external or combined)

in order to minimize the effects of the internal arc-fault (see Figure 1).

For the purpose of this document the terms "light" or "optical" covers more than visible spectra. They may cover also, for example, infrared or ultraviolet electromagnetic radiations (see Annex D).

For combined-type IACD, this document is considered in addition to the relevant product standard for internal arc-fault mitigation devices (IARD per IEC TS 63107:2020). Compliance to the relevant product standard is mandatory and cannot be claimed by testing to this document alone.

NOTE 1 Low-voltage switchgear and controlgear assemblies are usually described by IEC 61439 series.



NOTE This figure displays a simplified IACD schematic with only one optical sensor and no other sensing means that can be used for secondary confirmation of an arcing fault, such as current sensing.

#### Key

- 1 assembly enclosure
- 2 internal arc-fault
- 3 optical sensor
- 4 processing unit
- 5 trigger output used to operate e.g. mitigation device

**Figure 1 – Optical-based IACD schematic (stand-alone type and no secondary sensor)**

Therefore, this document covers the following:

- internal arc-fault control device (stand-alone, multifunction or combined);
- one or more associated sensor(s) used to detect optical effect of the internal arc-fault;
- sensor(s), sensing another physical effect, to confirm the fault;
- associated or combined mitigation device.

An IACD is not intended to trigger under normal operation of low-voltage switchgear and controlgear (i.e. absence of internal arc-fault), including normal arcing associated with operation of disconnecting and switching devices.

This document only covers the following methods:

- optical detection of the light caused by an internal arc-fault;
- optional confirmation of internal arc-fault by line current measurement.

Many different conductive materials could be used in LV assemblies (e.g. steel, copper, aluminium). Nevertheless, tests specified in this document are deemed to represent the most critical and challenging conditions for arc-detection and cover all combinations of conductive materials.

NOTE 2 Compared to other materials (e.g. steel, aluminium), copper leads to a lower optical radiation energy.

The rated voltage of the assembly in which an IACD is installed does not exceed 1 000 V AC.

Such devices are designed to be operated and maintained by skilled persons only.

This document does not cover:

- DC internal arc-fault detection and control;
- overcurrent relays;
- AFDD (arc-fault detection devices) as defined by IEC 62606;
- guidance on installation within assemblies;

NOTE 3 The integration of an IACD into an assembly is described in IEC TS 63107.

- use with additional measures needed for installation and operation within explosive atmospheres. These are given in IEC 60079 series documents;
- requirements for embedded software and firmware design rules; for this subject, the manufacturer is responsible for taking additional safety measures;

NOTE 4 IEC TR 63201 describes rules for firmware and embedded software development preventing errors in software.

- cybersecurity aspects; for this subject, the manufacturer is responsible for taking additional safety measures;

NOTE 5 See IEC TS 63208.

- mobile applications.

NOTE 6 Even when addressing internal arc-fault mitigation devices, this document does not supersede any other relevant product standard (e.g. IEC 60947-2 or IEC 60947-9-1).

NOTE 7 DC arcing fault phenomena are under consideration. Further investigation is needed to comprehend DC arcing phenomena and required sensing.

## 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 60068-2-6:2007, *Environmental testing – Part 2-6: Tests – Test Fc: Vibration (sinusoidal)*

IEC 60068-2-27:2008, *Environmental testing – Part 2-27: Tests – Test Ea and guidance: Shock*

IEC 60068-2-30:2005, *Environmental testing – Part 2-30: Tests – Test Db: Damp heat, cyclic (12 h + 12 h cycle)*

IEC 60255-27:2013, *Measuring relays and protection equipment – Part 27: Product safety requirements*

IEC 60695-2-10, *Fire hazard testing – Part 2-10: Glowing/hot-wire based test methods – Glow-wire apparatus and common test procedure*

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 60695-2-12, *Fire hazard testing – Part 2-12: Glowing/hot-wire based test methods – Glow-wire flammability index (GWFI) test method for materials*

IEC 60715:2017, *Dimensions of low-voltage switchgear and controlgear – Standardized mounting on rails for mechanical support of switchgear, controlgear and accessories*

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

IEC 60947-2:2016, *Low-voltage switchgear and controlgear – Part 2: Circuit-breakers*  
IEC 60947-2:2016/AMD1:2019

IEC 60947-9-1:2019, *Low-voltage switchgear and controlgear – Part 9-1: Active arc-fault mitigation systems – Arc quenching devices*

IEC 60990:2016, *Methods of measurement of touch current and protective conductor current*

IEC 61482-1-2:2014, *Live working – Protective clothing against the thermal hazards of an electric arc – Part 1-2: Test methods – Method 2: Determination of arc protection class of material and clothing by using a constrained and directed arc (box test)*

IEC 61557-2, *Electrical safety in low voltage distribution systems up to 1 000 V AC and 1 500 V DC – Equipment for testing, measuring or monitoring of protective measures – Part 2: Insulation resistance*

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*

ISO 3864-1:2011, *Graphical symbols – Safety colours and safety signs – Part 1: Design principles for safety signs and safety markings*

ISO 3864-2:2016, *Graphical symbols – Safety colours and safety signs – Part 2: Design principles for product safety labels*

### **3 Terms and definitions**

For the purposes of this document, the following terms and definitions 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>

### 3.1

#### **arc**

current through air arising from a fault between live parts of different potential and/or between live parts and other conductive parts within an assembly

Note 1 to entry: This phenomenon is accompanied (for example) by thermal, magnetic, radiation and luminescent effects.

[SOURCE: IEC TR 61641:2014, 3.5, modified – "Free-burning short-circuit" replaced with "current", new note 1 to entry inserted.]

### 3.2

#### **arc-fault**

##### **internal arc-fault**

<assembly> unintentional arc arising from an accidental conductive path between live parts of different potential and/or between live parts and other conductive parts within an assembly

Note 1 to entry: Within IEEE 1584:2018 and NFPA 70E, there is a different term and definition for the same current phenomenon: arcing fault current, "A fault current flowing through an electrical arc plasma, also called arc current".

### 3.3

#### **internal arc-fault control device**

##### **IACD**

device intended to detect an internal arc-fault, which provides a signal for operation of a separate mitigation device, or automatically mitigates the arc-fault

Note 1 to entry: An IACD with mitigation capability combines in the same device arc-fault detection and breaking or making capabilities.

Note 2 to entry: In the United States of America these devices are commonly named AFR (arc-flash relays).

### 3.4

#### **internal arc-fault reduction device**

##### **IARD**

device intended to reduce the energy released by an arc-fault

Note 1 to entry: An IARD can be achieved by a SCPD, AQD or IALD (Internal arc-fault limiting device).

Note 2 to entry: An IALD is an IARD intended to reduce the arc-fault current below a particular level other than a SCPD with current limiting functionality e.g. fuse or circuit-breaker.

[SOURCE: IEC TS 63107:2020, 3.3, modified – In the definition, deletion of "internal", insertion of Note 2 to entry based on 3.3.2 of IEC TS 63107:2020.]

### 3.5

#### **arc-fault detection time**

##### **$t_{ad}$**

interval of time between the ignition of the internal arc-fault, and the transition of an IACD output signal to "triggered" state

### 3.6

#### **arc-fault extinction time**

##### **$t_{ae}$**

<IACD> interval of time between the ignition of the internal arc-fault and the complete extinction of the same

Note 1 to entry: Extinction time can be determined by measuring upstream line current and IACD current, alternatively downstream line current.



Note 2 to entry: In case of stand-alone or multifunction IACD, the arc-fault extinction time when installed in assembly is not considered in this document. See IEC TS 63107.

### 3.7

#### **current sensitivity**

<arc-fault> value of prospective fault-current an IACD can detect

Note 1 to entry: This value can be expressed as an absolute value (in RMS A or kA), or as a ratio of current value.

### 3.8

#### **mitigation device**

device intended to reduce the effects of the internal arc-fault

Note 1 to entry: Mitigation devices may be fuses (IEC 60269 (all parts)), circuit-breakers (IEC 60947-2), switches (IEC 60947-3), arc-quenching device (IEC 60947-9-1), or a combination of any of these devices.

### 3.9

#### **arc quenching device**

##### **AQD**

device intended to eliminate arc-faults, by creating a lower impedance current path, to cause the arcing current to transfer to the new current path

[SOURCE: IEC 60947-9-1:2019, 3.1]

### 3.10

#### **prospective short-circuit current**

current expected to flow when the arc electrodes are shunted by a conductor of negligible impedance (available short-circuit current of supply)

Note 1 to entry: Prospective short-circuit current is expressed in RMS A.

Note 2 to entry: There is a difference between the arc current and the prospective short-circuit current. The arc current flowing during the arc duration is smaller and fluctuates due to the non-linear arc impedance stochastically varying with time. Reproducible test conditions may only be defined by means of the prospective short-circuit current to be expected in case of short-circuited arc electrodes.

[SOURCE: IEC 61482-1-2:2014, 3.1.26, modified – In Note 1 to entry "kA rms" replaced with "RMS A", and Note 2 to entry reworded.]

### 3.11

#### **optical sensor**

sensor used to detect the optical emission of an internal arc-fault

### 3.12

#### **secondary sensor**

sensor used in addition to optical sensor(s) to confirm indication by sensing another physical effect of the arc, and to support additional function

Note 1 to entry: Secondary sensor(s) are optional.

Note 2 to entry: Current sensors are the only secondary sensor-type considered in this document.

Note 3 to entry: Current sensors are selected according to manufacturer's instructions.

### 3.13

#### **latching time**

steady-state duration value of the operating output signal after detection

Note 1 to entry: Not applicable to combined-type IACD.

### 3.14

#### **arc-setting current**

$I_{as}$

current pickup value enabling arc-detection

Note 1 to entry: This value can be expressed as an absolute value (in RMS A) or as a ratio of current value.

### 3.15

#### **arc-setting current range**

current setting range between the minimum and maximum values over which the arc-detection current function is enabled

Note 1 to entry: This setting can be expressed as an absolute value (in RMS A) or as a ratio of current value.

### 3.16

#### **construction break**

significant difference in design between IACD of the same type, requiring additional type testing

EXAMPLE: Different arc-detection algorithm, different conditioning of optical sensor signal.

### 3.17

#### **overvoltage category**

**OVC**

numeral defining a transient overvoltage condition

Note 1 to entry: Overvoltage categories I, II, III and IV are used, see 4.3.3.2 of IEC 60664-1:2020.

Note 2 to entry: OVC is correlated with impulse withstand voltage and earthing system (see Table H.1 of IEC 60947-1:2020).

[SOURCE: IEC 60664-1:2020, 3.1.20, modified – Alternative term "OVC" added, reference in Note 1 to entry modified, Note 2 to entry added.]

### 3.18

#### **skilled person**

person with relevant education and experience to enable him or her to perceive risks and to avoid hazards which electricity can create

[SOURCE: IEC 60050-826:2004, 826-18-01]

### 3.19

#### **arc ignition**

moment in time at which the ignition wire vaporizes

### 3.20

#### **arc ignition time**

$t_0$

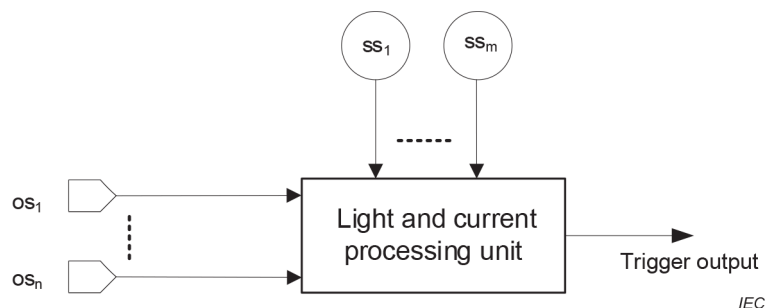
moment in time considered as a reference for the measurement of an IACD time response

## **4 Classification**

### **4.1 IACD type**

#### **4.1.1 Stand-alone type IACD**

An IACD with no function other than internal arc-fault detection and signalling (see Figure 2).

**Key**

$os_1$  to  $os_n$  optical sensor 1 to  $n$

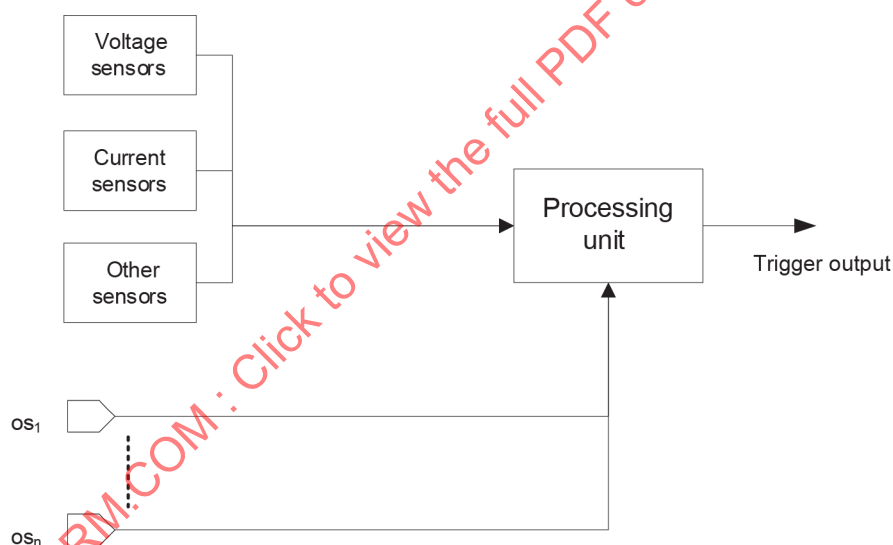
$ss_1$  to  $ss_m$  optional secondary current sensor 1 to  $m$

**Figure 2 – Stand-alone type IACD architecture overview**

NOTE Essential performance of such type of IACD is arc-fault detection time ( $t_{ad}$ ).

#### 4.1.2 Multifunction-type IACD

A device in which an IACD is an integrated function of a measurement or protective device or relay (see Figure 3).

**Key**

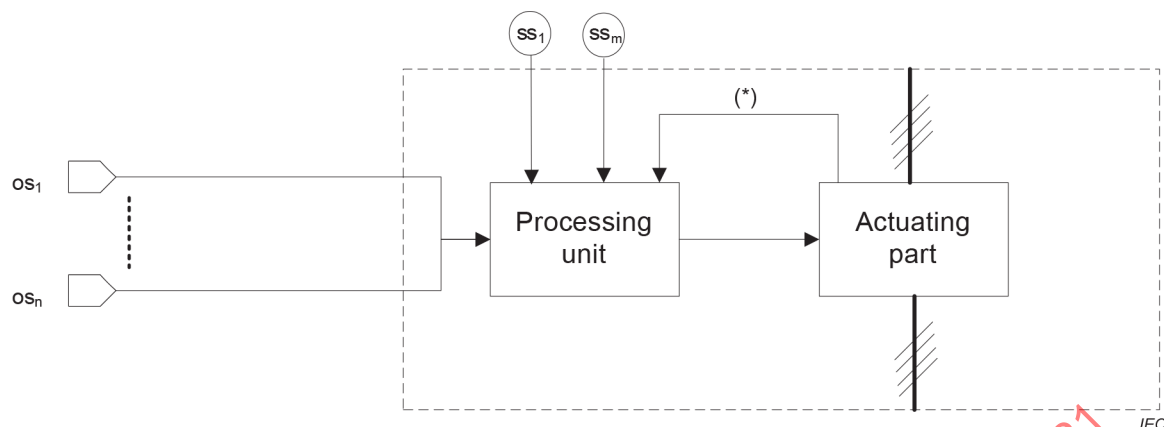
$os_1$  to  $os_n$  optical sensor 1 to  $n$

**Figure 3 – Multifunction-type IACD architecture overview**

NOTE Essential performance of such type of IACD is arc-fault detection time.

#### 4.1.3 Combined-type IACD

Device or combination of devices, including IACD function, designed to detect and mitigate an internal arc-fault (see Figure 4).



**Key**

- OS<sub>1</sub> to OS<sub>n</sub> optical sensor 1 to *n*
- SS<sub>1</sub> to SS<sub>m</sub> optional secondary sensor 1 to *m*, or alternatively (\*) current data value from embedded sensors
- Actuating part mitigation subset of associated device (suitably rated and capable devices)

**Figure 4 – Combined-type IACD architecture overview**

Architecture as per Figure 4 is theoretical, and any other combination is acceptable, if the IACD essential functions are fulfilled.

NOTE Arc-fault detection time is not relevant for such type of IACD, because it is a part of the arc-fault extinction time ( $t_{ae}$ ), manufacturer's claimed performance.

For combined-types IACD:

- this document shall be considered in addition to any other relevant product standard (i.e. IEC 60947-2, IEC 60947-9-1);
- compliance to the relevant product standard is mandatory and cannot be claimed regarding this document only;
- relevant tests of product standard shall have been done with additional features (software and hardware) mandatory for IACD functions (e.g. EMC tests including optical sensors, unless purely fibre-type). If this condition is not fulfilled, additional test sequences apply (see Clause 9).

## 4.2 Combination of sensors

### 4.2.1 Optical sensors-only type

An IACD which is designed and intended to operate with optical sensor(s) only.

Optical sensors are considered as part of the product, and therefore provided by the same manufacturer, or approved by the manufacturer.

### 4.2.2 Optical sensors and secondary sensors type

An IACD which is designed and intended to operate with both optical sensor(s) and secondary sensor(s).

NOTE 1 Secondary sensors can be separated from or integrated into the IACD.

NOTE 2 Secondary sensors can be embedded in the actuating part.

### 4.3 Binary output types

#### 4.3.1 Operate output

An operate output is directly activated regarding the main function of the IACD.

EXAMPLE "trip" output, "tripped" output, "ATS inhibit" output.

NOTE Operate output is optional for combined-type IACD.

#### 4.3.2 Auxiliary binary output

An auxiliary binary output is not intended to fulfil any protection requirement.

EXAMPLE Buzzer control, indicating lights control.

NOTE Auxiliary binary output is an optional feature.

## 5 Characteristics

### 5.1 Maximum arc-fault detection time

The maximum arc-fault detection time ( $t_{ad}$ ) of an IACD is the maximum time from ignition of the arc-fault to the final steady-state condition of the IACD operate output signal(s).

See Annex C for definition and identification of ignition-time of the arc-fault.

NOTE 1 The manufacturer can express a set of detection time dependent upon rated mains supply voltage or arc-fault prospective current, when relevant.

NOTE 2 This characteristic applies only to stand-alone and multifunction types IACD.

### 5.2 Maximum arc-fault extinction time

The maximum arc-fault extinction time ( $t_{ae}$ ) of an IACD is the maximum time from ignition of the arc-fault to its complete extinguishing (see C.3 and C.5).

See Annex C for definition and identification of ignition-time and extinguishing of the arc-fault.

NOTE 1 The manufacturer can express a set of extinction time dependent upon rated mains supply voltage or arc-fault prospective current, when relevant.

NOTE 2 This characteristic applies only to combined-type IACD.

### 5.3 Minimum arc-fault detection current value

The value declared by the manufacturer, in prospective current, that indicates the minimum level of detection.

All IACDs shall be capable of sensing the arcing current corresponding to a 10 kA prospective current. The preferred lower values that may be offered are: 5 kA or 7 kA.

NOTE 1 Higher sensitivity increases the risk of unintended operation.

NOTE 2 By pickup sensitivity, more than one preferred value can be covered.

NOTE 3 Minimum values of combined-type IACD can be expressed as a ratio of rated or nominal current.

### 5.4 Maximum prospective short-circuit current value

The maximum prospective short-circuit current value is the value an IACD can successfully sustain for a defined duration and/or interrupts as claimed by the manufacturer.

The preferred value shall be one of the following:

10 kA, 30 kA, 50 kA, 65 kA, 85 kA or 100 kA

NOTE The preferred values above are comparable to the usual short-circuit values of assemblies, and therefore cannot be compared to values stated in IEC TR 61641, which are only used to create maximum stress to the assembly.

## 6 Product information

### 6.1 Nature of information

Subclause 6.1 of IEC 60947-1:2020 applies, as far as appropriate.

### 6.2 Markings

Each IACD shall be marked in a legible and durable manner; data to be provided and corresponding locations are indicated in Table 1 below.

**Table 1 – Markings and indications for an IACD <sup>d</sup>**

| Item | Information                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Marking location        |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 1.1  | Indication of the status (e.g. READY, TRIP, ERROR...)                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Visible <sup>a</sup>    |
| 1.2  | Explanation of the status indicator(s)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Documentation           |
| 1.3  | Manufacturer's name or trade mark                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Marked                  |
| 1.4  | Type designation or serial number                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Marked                  |
| 1.5  | "IEC 60947-9-2", if the manufacturer claims compliance with the document                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Marked or Documentation |
| 1.6  | Need for auxiliary power supply <sup>e</sup> , as well as its characteristics, such as voltage, frequency, current, etc.                                                                                                                                                                                                                                      | Documentation           |
| 1.7  | Rated characteristics of any output signal (operate or auxiliary binary) <sup>b, c</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                      | Documentation           |
| 1.8  | Characteristics of any input signal <sup>b, c</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Documentation           |
| 1.9  | Maximum detection time (when relevant) <sup>f, k</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Documentation           |
| 1.10 | Maximum extinction time (when relevant) <sup>f, k</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Documentation           |
| 1.11 | For an IACD with no provisions for secondary sensors, the following warning: <div style="border: 1px solid black; padding: 10px; text-align: center; margin: 10px auto; width: fit-content;"> <p><b>WARNING</b></p> <p>This is an IACD with optical sensors</p> <p>Light from other than internal arc-fault may unintentionally trigger the device</p> </div> | Documentation           |
| 1.12 | Immunity to ambient light (yes/no), and associated ambient-light level max value (in lux), when greater than 2 000 lx                                                                                                                                                                                                                                         | Documentation           |
| 1.13 | Minimum prospective short-circuit (bolted-fault) and associated sensor distance, according to Annex A                                                                                                                                                                                                                                                         | Documentation           |
| 1.14 | Maximum prospective short-circuit current value                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Documentation           |
| 1.15 | Rated mains operational voltage (when combined-type)                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Documentation           |
| 1.16 | Arc-setting current and arc-setting current range (when relevant)                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Documentation           |
| 1.17 | Optical sensitivity value and range setting (when relevant)                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Documentation           |
| 1.18 | Marking of terminals <sup>g</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Marked                  |
| 1.19 | IP code <sup>h</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Documentation           |

| Item                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Information                                                    | Marking location |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|------------------|
| 1.20                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Overvoltage category (OVC) at connecting point <sup>i, j</sup> | Documentation    |
| <b>Key</b><br>Visible        visible from the front when the IACD is installed as in service and the operator controls are accessible<br>Marked        marked on the exterior of the product<br>Documentation        in the manufacturer documentation<br>NOTE Thermal performance and light sensitivity can be impacted by the installation in an assembly.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                |                  |
| <sup>a</sup> Marking can be replaced with display for some operation information. Display shall return to essential information after a short delay.<br><sup>b</sup> The manufacturer shall define the ratings for each binary input/output. For example, when optical output offered, wavelength, connector type, mode, diameter, optical power shall be specified.<br><sup>c</sup> The manufacturer shall define the ratings for each analogue input/output, unless proprietary.<br><sup>d</sup> In addition to upper list, an additional marking of the assembly is required (see 9.3.3.2).<br><sup>e</sup> Auxiliary power supply shall be reliable relative to the application.<br><sup>f</sup> When the manufacturer claims for different performances with regards to conditions (e.g. for different auxiliary powering conditions), each-one shall to be tested.<br><sup>g</sup> In accordance with IEC 60255-27 or alternatively 8.1.8.4 and Annex L of IEC 60947-1:2020.<br><sup>h</sup> When multiple (e.g. due to different mounting cases), all shall be listed.<br><sup>i</sup> With rated voltage and type of system (see Annex H and Table H.1 of IEC 60947-1:2020).<br><sup>j</sup> OVC can be replaced by $U_{imp}$ (impulse withstand voltage), in accordance with Table H.1 of IEC 60947-1:2020.<br><sup>k</sup> When dependent upon mains rated supply voltage or arc-fault prospective current, set of times shall be provided.<br><sup>l</sup> Reference to standard in documentation accepted for multifunction-type IACD or when required surface is not sufficient. |                                                                |                  |

The markings defined in Table 1 above shall be considered as mandatory additional markings, when applied to combined-type IACD, for which all other relevant product standards marking requirements also apply.

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

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

The following information shall be provided by the manufacturer of the IACD system and IACD components including all mounting accessories (such as optical fibre splices, holders, etc.):

- identification of optical sensors to be used;
- maximum distances from sensor(s) to the IACD for proper operation;
- identification of current sensing to be used (when relevant);
- installation rules for the IACD, optical sensors and any guidance required for proper installation;
- ambient-air temperature range.

Rail mounting of an IACD shall be specified according to IEC 60715:2017, when relevant.

Additional information for the maintenance, decommissioning and dismantling of the equipment shall be made available to the user in case of foreseeable hazardous condition of the device, for example due to stored energy, instability or falling of objects, etc.

## 7 Normal service, mounting and transport conditions

Clause 7 of IEC 60947-1:2020 applies.

## 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 modifications.

Unless complying with protection class II, stand alone or multifunction-type IACD with metallic touchable parts shall have means of connection for the external protective conductor or earthing rail according to IEC 60715:2017. For such IACD type having a continuous leakage current of more than 3,5 mA AC or 10 mA DC in normal use, the supply input shall be connected as for a permanently connected equipment (see Clause E.2 of IEC 60255-27:2013); this shall be stated in the manufacturer's documentation. The protective conductor terminal (earthing terminal) or the earthing part when a mounting rail is used as earthing conductor shall be corrosion resistant.

Annex O of IEC 60947-1:2020 should be considered carefully especially for substitution or reduction in use of hazardous substances, or if not possible for providing measures to prevent emission and contact with them.

Annex W of IEC 60947-1:2020 should be considered for material declaration in conjunction with IEC 62474.

#### 8.1.2 Creepages and clearances

Creepages and clearances shall fulfil the requirements of Table 13 and Table 15 of IEC 60947-1:2020.

#### 8.1.3 Material requirement

##### 8.1.3.1 General

Subclause 8.1.2.1 of IEC 60947-1:2020 applies with the following addition.

Tests shall be made for parts of insulating materials necessary to retain current-carrying parts in position and parts of insulating materials that are in close proximity to such parts.

The manufacturer shall specify which test method, 8.1.3.2 or 8.1.3.3, is to be used.

##### 8.1.3.2 Glow-wire testing

The suitability of materials used is verified by:

- a) making tests on the equipment; or
- b) making tests on sections taken from the equipment; or
- c) making tests on any parts of identical material having representative thickness; or
- d) providing data from the insulating material supplier fulfilling the requirements according to IEC 60695-2-12.

The suitability shall be determined with respect to resistance to abnormal heat and fire. The manufacturer shall indicate which methods, amongst a), b), c) and d) shall be used.



If an identical material having representative cross-sections has already satisfied the requirements of any of the tests of 9.2.2 of IEC 60947-1:2020, then those tests shall not be repeated.

Tests on equipment shall be made by the glow-wire end-product test of IEC 60695-2-10 and IEC 60695-2-11.

For combined-type IACD, unless new material(s) added, or tests done with lower severity level, glow wire tests are not deemed to be repeated. In the former case, only new materials shall be tested.

Tests shall be made according to 9.2.2.1 of IEC 60947-1:2020 with the conditions given in Table 2 below.

**Table 2 – Test conditions for glow-wire test**

| Part under test                                                                                                                                                     | Test condition                            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| Part with a mass lower than 2 g <sup>a</sup>                                                                                                                        | Test not necessary                        |
| Part which is a small part according to 3.1 of IEC 60695-2-11:2014 <sup>a</sup>                                                                                     | Test not necessary                        |
| Part which is not in close proximity to current-carrying parts <sup>b</sup>                                                                                         | Test not necessary                        |
| Part which is in close proximity to current-carrying parts <sup>b</sup>                                                                                             | Glow-wire test at a temperature of 650 °C |
| Part which retains current-carrying parts in position                                                                                                               | Glow-wire test at a temperature of 850 °C |
| <sup>a</sup> 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. |                                           |
| <sup>b</sup> Proximity shall be based on engineering judgment that takes into consideration the risk of propagation of fire.                                        |                                           |

### 8.1.3.3 Test based on flammability category

Subclause 8.1.2.3 of IEC 60947-1:2020 applies.

For combined-type IACD, unless new material(s) added, or tests done with lower severity level, flammability tests are not deemed to be repeated. In the former case, only new materials shall be tested.

## 8.2 Performance requirements

### 8.2.1 General

For stand-alone or multifunction type IACD, the maximum arc-fault detection time and the minimum arc-fault sensitivity shall comply with the values as stated by the manufacturer.

For combined-type IACD, the maximum arc-fault extinction time, minimum arc-fault sensitivity and maximum arc-fault extinction capability shall comply with the values as stated by the manufacturer.

### 8.2.2 Operating conditions

8.2.1 of IEC 60947-1:2020 applies.

### 8.2.3 Temperature-rise

The temperature-rises of parts of an IACD measured during a test carried out under the conditions specified in 9.3.8 shall not exceed the limiting values stated in Table 2 of IEC 60947-1:2020 and Table 3 of IEC 60947-1:2020.

### 8.3 Electromagnetic compatibility (EMC)

Subclause 8.3 of IEC 60947-1:2020 applies.

## 9 Tests

### 9.1 General – Kind of tests

Subclause 9.1 of IEC 60947-1:2020 applies, with the following additions:

The tests to verify the characteristics of an IACD are:

- type tests (done on representative samples for each construction break) (see 9.3);
- routine tests (on each product) (see 9.4).

Within a sequence, tests shall be performed in order listed in Table 3 and Table 4.

The sample is a combination of one optical sensor and the IACD.

### 9.2 Compliance with constructional requirements

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

Conditions for glow-wire tests are defined in 8.1.3.2.

Leakage current measurements according to 8.1.1 shall be performed using the measuring circuit in Figure 4 of IEC 60990:2016. The equipment shall be isolated from earth and the measuring circuit connected between the protective conductor terminal and the protective conductor.

### 9.3 Type tests

#### 9.3.1 General

An IACD shall be subjected to the following type tests:

- temperature-rise tests: to verify that temperature will not exceed some limits considering material performances and operator safety;
- arc-detection tests (for stand-alone or multifunction-type) to ensure that the sensing system can detect the minimum and sustain the maximum arc-fault currents specified by the manufacturer;
- arc-extinction tests (for combined-type) to ensure that an IACD can mitigate minimum and maximum arc-fault current values specified by the manufacturer;
- light-immunity tests: to ensure the sensing is not activated by normal ambient light or light from common artificial sources, when claimed by manufacturer. Immunity to light from nearby arcing devices may need additional measures not addressed in this document;

NOTE 1 Ambient light values as specified in Annex E are considered as a minimum immunity level. Manufacturers can claim for higher immunity levels.

- environmental tests (e.g. EMC, vibration, damp heat).

All operate outputs shall be tested. Test of auxiliary binary outputs is optional and can be done upon agreement between manufacturer and user.

When an IACD has more than one identical output, each one shall be evaluated during the same test sequence, all results being recorded in test report. Normally open outputs may be tested together in series, and normally closed outputs may be tested together in parallel.

When different sets of contacts are functionally different, each set shall be tested independently.

Optical fibre digital output(s), if any, shall be verified as well. When the interface used to convert optical to logical is provided by manufacturer, it shall be recorded in the test report. When belonging to the test laboratory, the additional delay induced by optical to logical conversion shall be given in the test report as well.

Connection of optical sensors and secondary current sensors (when used) shall be in accordance with the manufacturer's instruction.

A stand-alone or multifunction type IACD shall be subjected to the following type tests grouped together in a sequence and shall be run preferably in the order listed in Table 3 below. For practical reasons, order can be changed under agreement between manufacturer and user.

**Table 3 – Tests sequences for standalone-type or multifunction-type IACD**

| Test                                                                                                | Type test sequence            | Subclause        |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|------------------|
| 1                                                                                                   | Light immunity tests          | 9.3.3            |
|                                                                                                     | Arc-detection tests:          | 9.3.4            |
|                                                                                                     | – Reduced energy arcs         | 9.3.4.3          |
|                                                                                                     | – High energy arcs            | 9.3.4.4          |
|                                                                                                     | Dielectric properties         | 9.3.5            |
|                                                                                                     | Functional tests <sup>a</sup> | 9.3.9            |
| 2                                                                                                   | EMC test:                     | 9.3.6            |
|                                                                                                     | – Emission                    | 9.3.6.3          |
|                                                                                                     | – Immunity                    | 9.3.6.2          |
|                                                                                                     | Functional tests <sup>a</sup> | 9.3.9            |
| 3                                                                                                   | Temperature-rise tests        | 9.3.8            |
| 4                                                                                                   | Damp heat                     | 9.3.7.2          |
|                                                                                                     | Vibration and shock           | 9.3.7.3, 9.3.7.4 |
|                                                                                                     | Dielectric properties         | 9.3.5            |
|                                                                                                     | Functional tests              | 9.3.9            |
| <sup>a</sup> Can be omitted if the same test sample is used for the other following test sequences. |                               |                  |

Upon manufacturer request, each test sequence of Table 3 can be performed with a new sample.

NOTE 2 Optical sensor replacement is not considered as being a new sample.

NOTE 3 Some tests can be not relevant if the device or system does not have a corresponding operational mode.

When a combined-type IACD has already passed all EMC, temperature-rise and environmental tests according to their mitigation device standard and if the requirements of these tests cover the ones described in this document, then the IACD shall be subjected only to the following additional type tests grouped together in one sequence listed in Table 4 below. When not, additional sequences 2, 3 and/or 4 of Table 3 applies as well.

**Table 4 – Tests sequences for combined-type IACD**

| Test | Type test sequence    | Subclause |
|------|-----------------------|-----------|
| 1    | Light immunity tests  | 9.3.3     |
|      | Arc extinction tests: | 9.3.4     |
|      | – Reduced energy arcs | 9.3.4.3   |
|      | – High energy arcs    | 9.3.4.4   |
|      | Dielectric properties | 9.3.5     |
|      | Functional tests      | 9.3.9     |

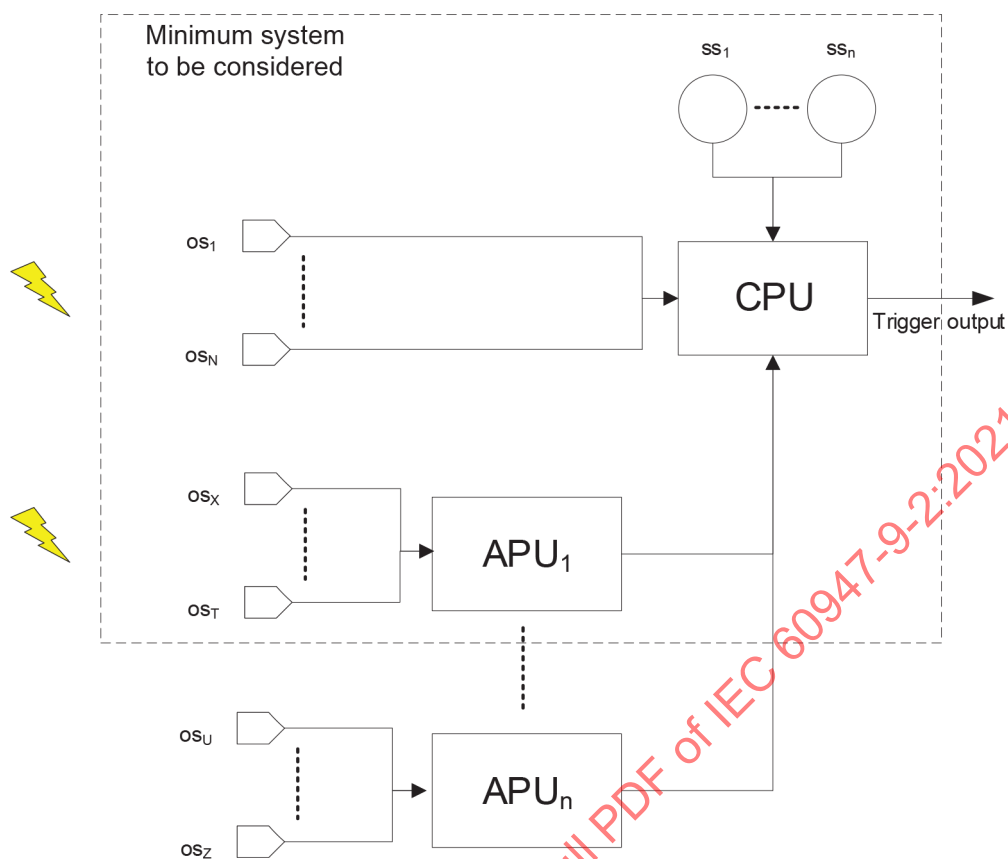
Clause 10 specifies data to be recorded in test report.

### 9.3.2 Guidance on sample selection

As described in Figure 5 and Figure 6 below, an IACD of the same type can demonstrate multiple architectures or structures to perform the main function, at the choice of the manufacturer.

Samples selection shall be driven only by construction breaks, significant difference(s) in terms of hardware and/or firmware selection, algorithms and methods, all of which can result in significant increase of CPU workload, or data transfer, therefore making additional tests mandatory.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60947-9-2:2021



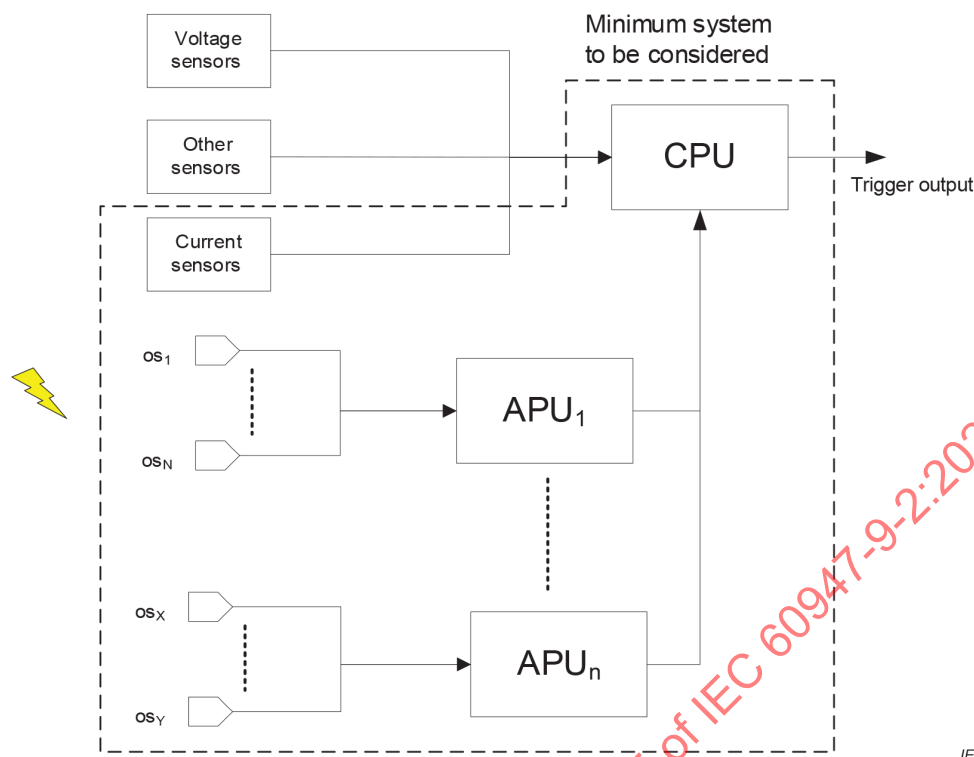
IEC

NOTE In upper figure CPU and APU<sub>1</sub> to APU<sub>n</sub> can also be merged in the same component.

#### Key

|     |                                 |
|-----|---------------------------------|
| os  | optical sensor                  |
| ss  | optional secondary sensor       |
| CPU | central processing unit         |
| APU | auxiliary processing unit       |
| --- | minimum system to be considered |

**Figure 5 – Stand-alone IACD (hardware) architecture**



IEC

NOTE In upper figure CPU and APU1 to APUn can also be merged in the same component.

**Key**

os optical sensor

CPU central processing unit

APU auxiliary processing unit

--- minimum system to be considered

**Figure 6 – Multifunction-type IACD (hardware) architecture**

Unless supported by engineering judgement, stand-alone and multifunction IACD types are considered to have a construction break if any one of the following features are not the same:

- overall IACD dimensions;
- auxiliary power supply characteristics (when any);
- number of PCBs;
- PCB hardware layout (unless omitted components on the same layout);
- embedded software/firmware for arc-detection function;
- moulding and insulating materials;
- declared IP;
- optical sensor type or manufacturer;
- current sensing device type and characteristics.

In case of no construction break the selection shall be as follows:

- tests of stand-alone type IACD limited to central processing unit and one add-in unit only, when any (see Figure 5);
- tests of multifunction-type IACD limited to central processing unit, current-sensor conditioning (when relevant) and one add-in unit only (see Figure 6).

Combined-type IACD are essentially driven by mitigation device construction breaks, and samples shall be selected accordingly.

NOTE In the case of circuit-breaker combined-type, list of construction breaks can be found in 7.1.6 of IEC 60947-2:2016.

The required equipment shall be one optical sensor per unit (APU and/or CPU). When the manufacturer claims performance for different types of optical sensors (e.g. point-sensor, and optical fibre sensor), each-one shall be tested separately.

### 9.3.3 Light-immunity tests

#### 9.3.3.1 General

Two cases shall be considered:

- IACD without secondary sensor(s);
- IACD with secondary sensor(s).

#### 9.3.3.2 IACD without secondary sensor(s)

Unless specifically designed, an IACD without secondary sensors is potentially sensible to ambient light. In such cases, no tests are deemed necessary.

However, discrimination between normal ambient light and light arising from internal arcing fault may be an option offered by manufacturer. In such case, tests shall be performed according to Annex E, to validate immunity level claimed by manufacturer.

EXAMPLE A manufacturer can claim immunity up to 2 000 lux ambient light, simulated by a tungsten-halogen lamp, which may occur when opening a door of an assembly that is installed in electrical room.

The following characteristics of the proposed method shall be considered:

- simulation by use of tungsten-halogen lamp (which is not covering all cases);

NOTE 1 It is recognized that there are many other types of light sources, besides tungsten-halogen, which have a different spectra (i.e. wavelength characteristics). One reason, among many, for choosing the tungsten-halogen light source is because it provides a high level of intensity (i.e. irradiance) in the wavelength range (red to IR) in which silicon photodiodes, commonly used in an IACD, have the highest sensitivity resulting in worst case test conditions as compared to other types of light sources.

- specific light sources encountered on site may exceed defined test parameters;
- the proposed method identifies and clarifies one type of light source. The manufacturer may, in addition, perform tests with other sources, which are not covered by this document.

NOTE 2 Light intensity is expressed in lux rather than in  $W/m^2$  due to its measurement with commonly available laboratory test equipment.

Immunity to arcs caused by devices switching current such as air circuit-breakers (ACB), moulded-case circuit-breakers (MCCB) or switches within the assembly shall be considered at system level, for example by containment or shielding. Such tests are specified in IEC TS 63107.

The manufacturer shall provide a label or plate, and instructions for the label or plate to be placed at all relevant locations on the assembly. The label or plate shall be marked with the following English or French text. Additional translations in other languages shall be provided in accordance with national regulations.

Case 1: For an IACD which has been successfully tested according to Annex E, text of label or plate shall read:

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p style="text-align: center;"><b>WARNING</b></p> <p style="text-align: center;">This assembly is fitted with an arc-detection system with optical sensors</p> <p style="text-align: center;">–</p> <p style="text-align: center;">Light from other than internal arc-fault may unintentionally trigger the device</p> <p style="text-align: center;">Tested regarding immunity to ambient-light under 2 000 lx by tungsten-halogen lamp</p>                              |
| <p style="text-align: center;"><b>AVERTISSEMENT</b></p> <p style="text-align: center;">Cet ensemble est équipé d'un dispositif détecteur d'arcs avec capteurs optiques</p> <p style="text-align: center;">–</p> <p style="text-align: center;">Toute source lumineuse autre qu'un arc de défaut est susceptible de déclencher le dispositif</p> <p style="text-align: center;">Immunité à une lumière ambiante de 2 000 lx vérifiée sous éclairage tungstène-halogène</p> |

Case 2: For an IACD which has not been tested according to Annex E, text of label or plate shall read:

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p style="text-align: center;"><b>WARNING</b></p> <p style="text-align: center;">This assembly is fitted with an arc-detection system with optical sensors</p> <p style="text-align: center;">–</p> <p style="text-align: center;">Light from other than internal arc-fault may unintentionally trigger the device</p>                          |
| <p style="text-align: center;"><b>AVERTISSEMENT</b></p> <p style="text-align: center;">Cet ensemble est équipé d'un dispositif détecteur d'arcs avec capteurs optiques</p> <p style="text-align: center;">–</p> <p style="text-align: center;">Toute source lumineuse autre qu'un arc de défaut est susceptible de déclencher le dispositif</p> |

NOTE 3 2 000 lx value in upper text can be modified to any greater value when tested under special agreement between the manufacturer and the user.

NOTE 4 Probability of unwanted operation of IACDs under ambient light can be decreased by adding secondary current sensing. However, secondary current sensing can be insufficient to reliably prevent unintended operation caused by the light from switching devices associated with high fault current, installed within the low voltage assembly. Such immunity is addressed in IEC TS 63107.

The height of the text shall be at least 5 mm. The text shall be marked in a durable and legible manner and the colour of the text shall be different from the colour of the label or plate. Label or plate shall be designed in accordance with ISO 3864-1 and ISO 3864-2 and coloured according to national practice.



### 9.3.3.3 IACD with secondary sensor(s)

#### 9.3.3.3.1 General

For an IACD having more than one current sensor, each input shall be tested separately. If the inputs are identical, any phase may be tested. The test current shall have no asymmetry.

Immunity to arcs caused by devices switching current such as ACBs, MCCBs or switches within the assembly shall be considered at system level, for example by containment or shielding. Such tests are specified in IEC TS 63107.

#### 9.3.3.3.2 Current threshold considerations

Depending upon the existence of current threshold  $I_{as}$  settings (fixed or adjustable), the manufacturer may offer more than one method to measure current to determine if a threshold has been exceeded.

All offered current measurement and threshold comparison methods shall be tested individually.

#### 9.3.3.3.3 Test method

For these tests, optical sensor shall be permanently illuminated (unless not permitted by the manufacturer) by any suitable light source. When not permitted, test laboratory shall synchronize illumination with secondary current.

NOTE Xenon lamp can be used, because of their spectra which is stable, reproducible, and covers the whole visible spectra.

The test shall be performed at 80 % and 120 % of the arc-setting current value:

- at a test current having a value equal to 80 % of the setting, the system shall not operate, the current being maintained for 0,2 s
- at a test current having a value equal to 120 % of the setting, the IACD shall operate within 0,2 s.

Test shall be repeated for the two extreme settings value of the arc-setting current range (when applicable).

### 9.3.4 Detection and extinction tests

#### 9.3.4.1 General

The two types of detection and extinction tests for all types of IACD are:

- tests under reduced energy arc (see Annex A);
- tests under high energy arcs (see Annex B).

A manufacturer can state different performances for alternative supply methods for IACD. In such cases each method shall be tested according to the manufacturer's specifications.

Current sensors (CTs), when employed, shall be installed and connected in accordance with the manufacturer's instructions. The overall configuration shall be recorded in test report.

#### 9.3.4.2 Measuring and data tracking system

The measuring system shall be capable to record simultaneously:

- the source voltage and current;
- the arc-current and voltage;

- the output(s) of the IACD (for stand-alone or multifunction-type);
- more signals upon manufacturer's request.

Minimum performances (regarding sampling rate, bandwidth and digitization) shall be in accordance with C.6.

Arc-current and arc-voltage waveforms shall be recorded at each arc test and displayed graphically over the time in the test report.

### 9.3.4.3 Tests under reduced energy arcs

#### 9.3.4.3.1 General

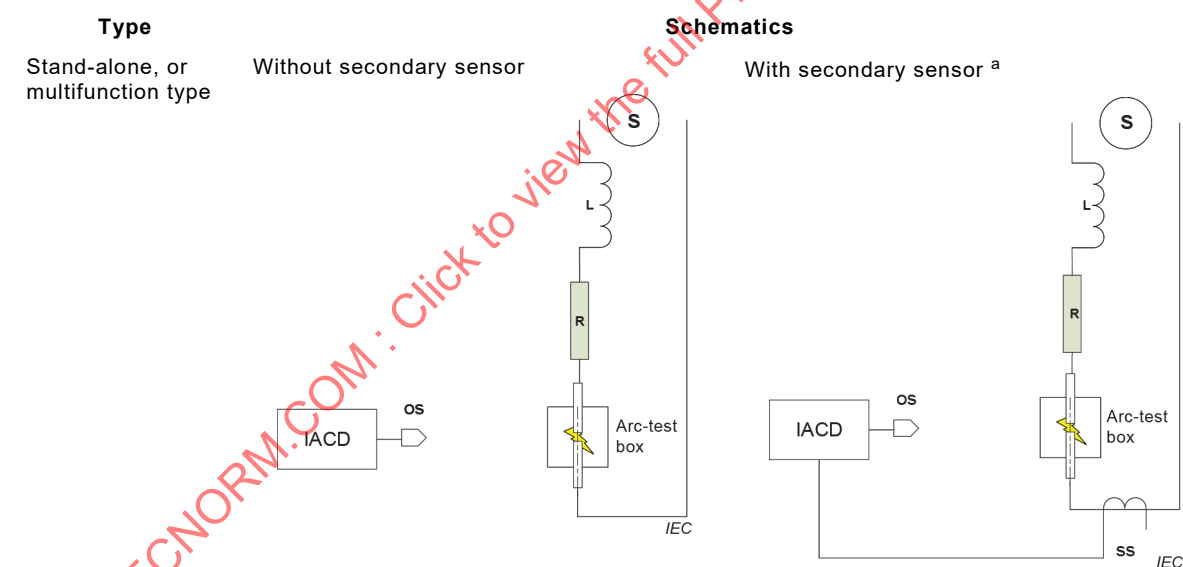
The intent of these tests is to evaluate the detection capability under reduced energy, single-phase, arcing-fault conditions, and when other system conditions may also make it difficult to successfully sense the arc-fault, in order to:

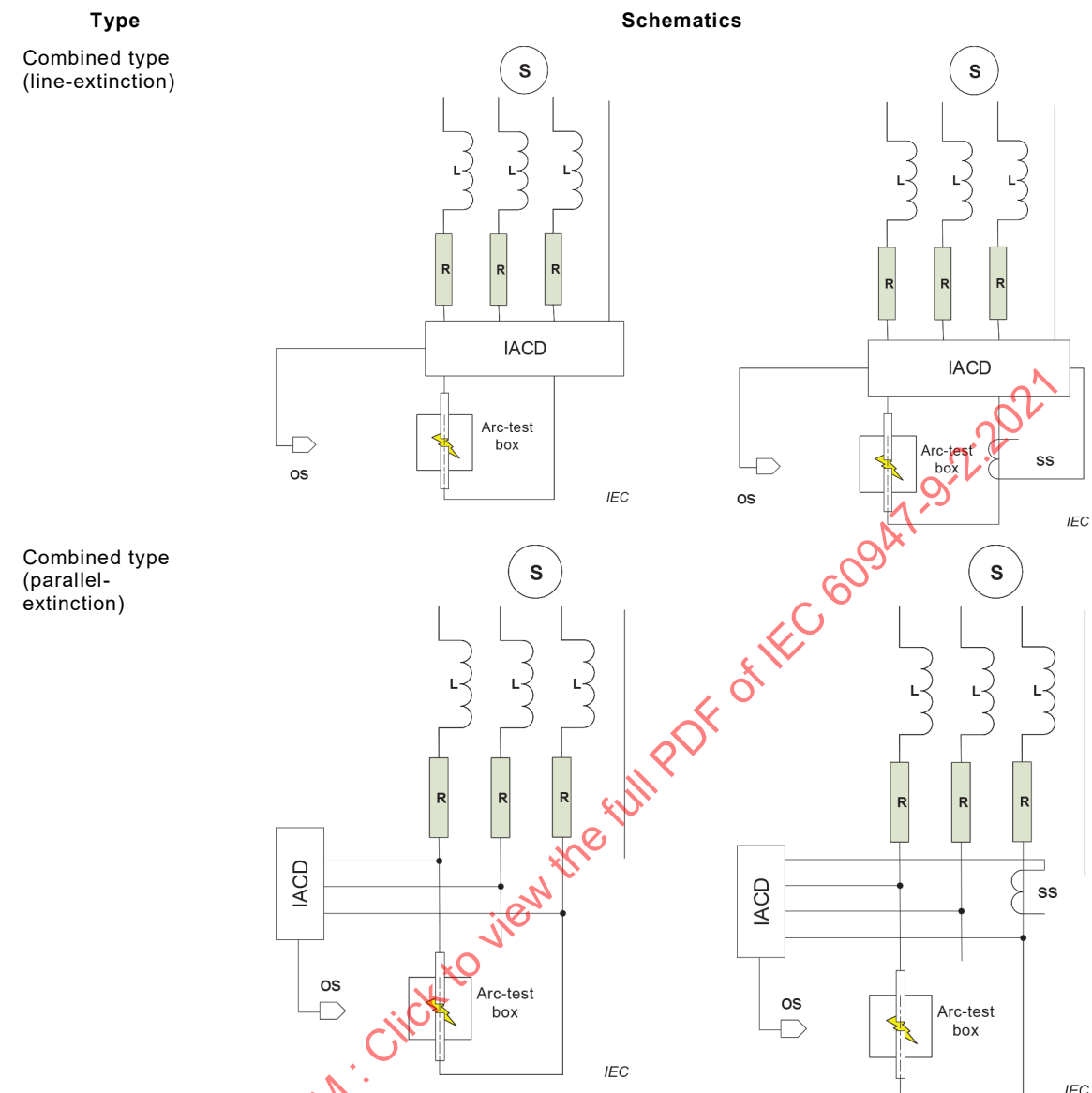
- validate the detection sensitivity to reduced energy arcs;

NOTE Reduced energy arcs can be for example phase to ground arc-faults.

- validate the detection sensitivity under defined sensor-arc distance, sensor direction and similar.

See Figure 7 for test arrangements principle and Annex A for any information regarding such tests.





NOTE Optical sensor (os), even identified as separate component, is part of the IACD.

<sup>a</sup> Secondary sensors can be embedded in an IACD or separated from an IACD.

#### Key

|     |                                                  |
|-----|--------------------------------------------------|
| S   | source                                           |
| os  | optical sensor                                   |
| ss  | optional secondary sensor                        |
| L,R | test circuit additional reactance and resistance |

**Figure 7 – Reduced energy detection tests – Arrangement principle**

#### 9.3.4.3.2 Test conditions

Unless required by the manufacturer (e.g. for accelerated ageing reasons), tests shall be performed on one sample in accordance with Annex A.

These tests are designed to demonstrate the minimum sensitivity (i.e. to lowest-level energy) of an IACD, and therefore, by default, when adjustable, the sensitivity shall be set to the minimum. Alternatively, the manufacturer can request a specific level for light-immunity which shall be adjusted before testing.

### 9.3.4.3.3 Test acceptance criteria

The following criteria shall be fulfilled:

- each arc shall be detected. If an arc is undetected, test is failed and cannot be repeated without any adjustment;

NOTE 1 When testing an IACD with secondary sensing, lack of detection due to test current being less than  $I_{as}$  is not considered a valid test. Test can be repeated with suitable  $I_{as}$  setting if possible.

- each operation of the IACD shall be a consequence of arc-fault detection;
- maximum value of detection time value of each output (when relevant), or (alternatively, for combined-type IACD) extinction time value shall be within the manufacturer specifications, for three successive test operations;
- when there are different types of outputs (e.g. NO or NC, solid-state or electromechanical...), performance of each-one shall be evaluated separately when manufacturer's performance specifications are different. When not, all shall be monitored by measuring maximum value for each test;
- after the last test operation, system functionality shall be verified; this verification shall represent a condition at least equal to the previous tests. Arc simulation using a light source is permitted, as well as use of manufacturer's specific tooling;

NOTE 2 This functional test sequence is agreed between the manufacturer and the test laboratory.

- latching time shall be in accordance with the manufacturer's declaration after each test operation (not applicable to combined-type IACD);
- resetting shall be effective after each operation.

NOTE 3 Test laboratories are authorized to reset the device after each test operation, if applicable.

Reference for detection time (respectively extinction time) measurements shall be identified according to C.3.

Due to the selection method of  $t_0$  used in the measurement protocol, it is possible that the sensing systems that are sensitive to light-emission prior to  $t_0$  may result in very short, even negative, detection times (see C.7). This is not necessarily indicative of fast detection, it may be indicative of high sensitivity.

NOTE 4 High sensitivity of an IACD can impact system reliability, such as unintended operation.

### 9.3.4.4 Tests under high energy arcs

#### 9.3.4.4.1 General

The test's objective is to reproduce the IACD operation (based on three-phase internal arc-faults).

NOTE 1 Three-phase internal arc-faults are not the only possible fault. However, single or two-phase arc-faults can propagate into three-phase faults. This also provides consistency with IEC TR 61641.

The rationale for this test sequence is to:

- ensure that no masking or saturation could impact the performance;
- ensure a three-phase detection and an extinction performance;
- document the detection time or the extinction time;
- confirm the single-phase performance (previously tested under reduced energy).

See Figure 9 for test arrangements principle and Annex B for any information regarding such tests.

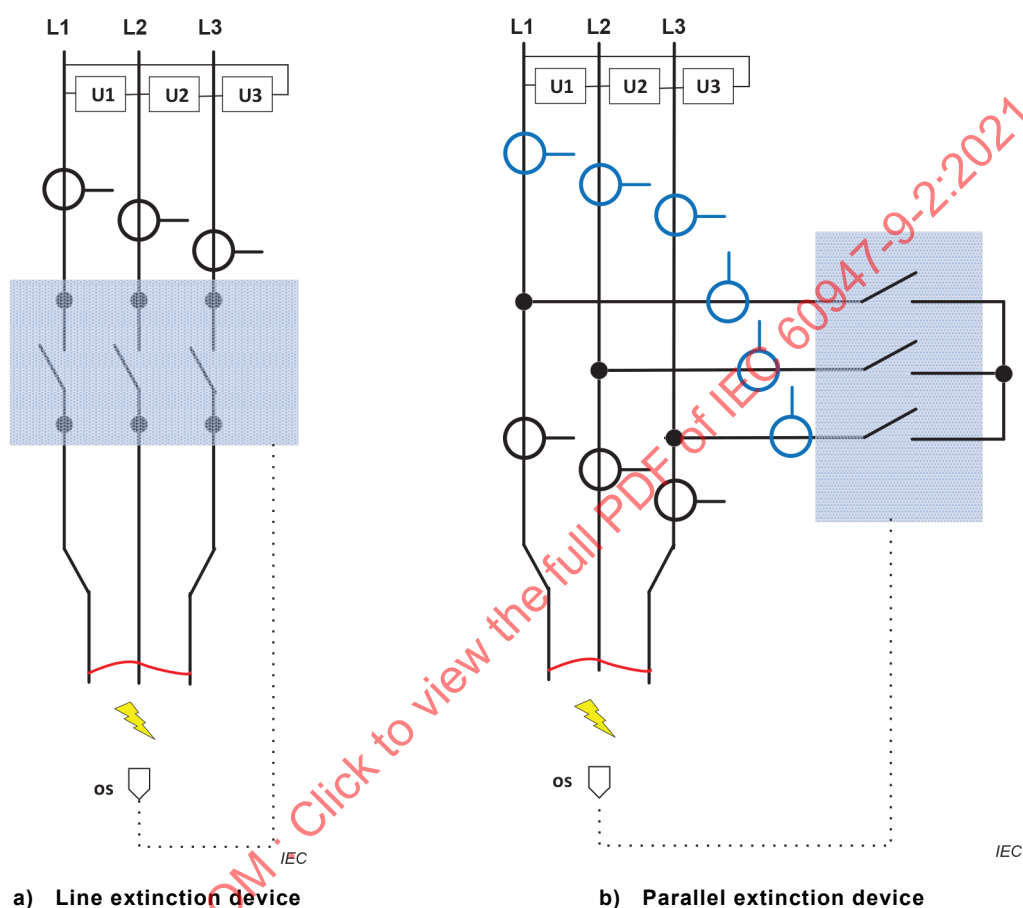
NOTE 2 EMC is covered by other requirements of this document.

### 9.3.4.4.2 Methods of test

The performance of the combined-type IACD shall be determined by applying the following methods (see Figure 8).

The extinction time of the arc can be determined by measuring:

- either (preferably) upstream line current and IACD current;
- or alternatively downstream line current.



NOTE The position and number of CT is left to the convenience of the test laboratory, assuming the arc mitigation is properly measured.

#### Key

os optical sensor

$U_1, U_2, U_3$  phase-to-phase voltage

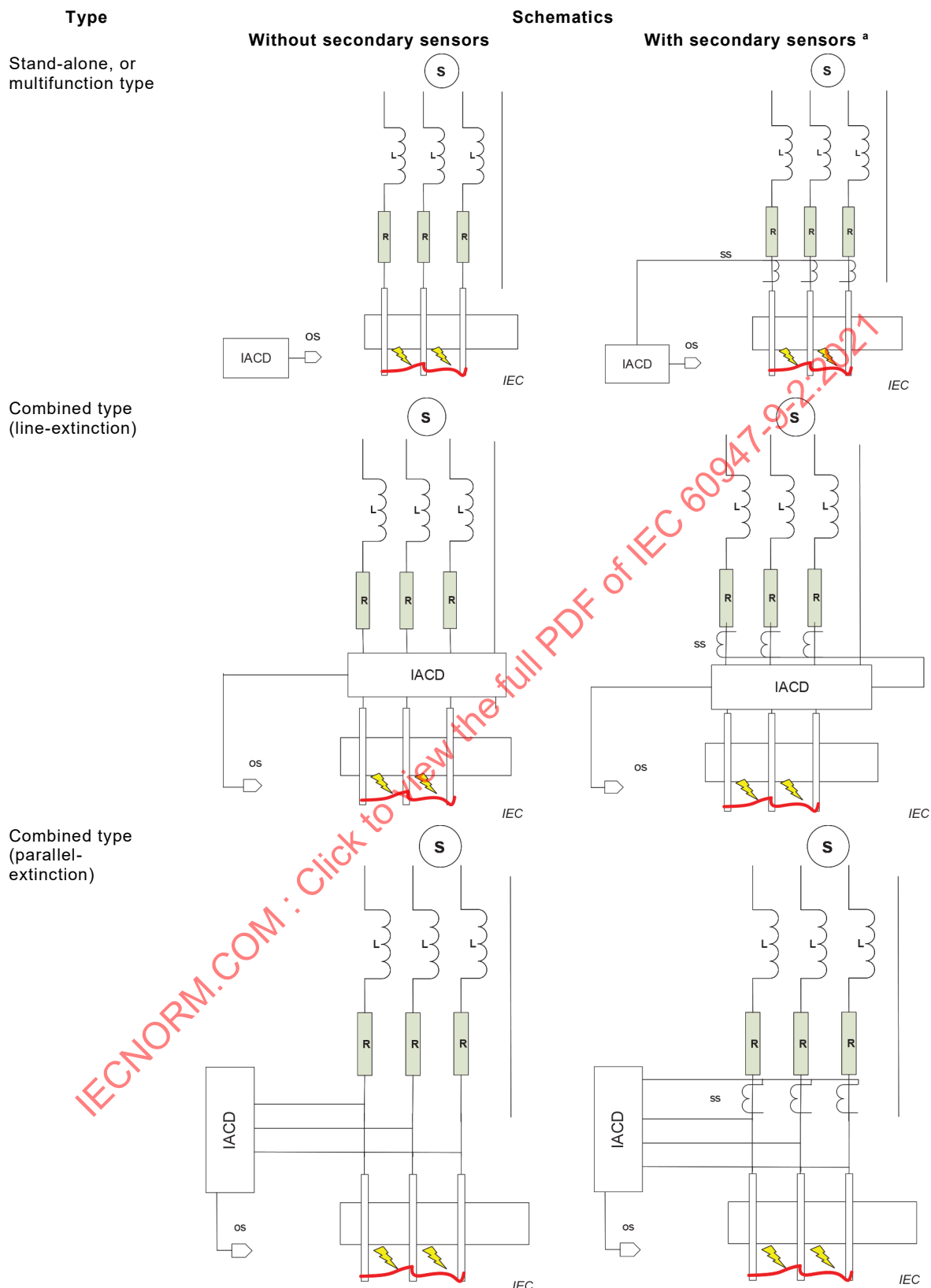
○ alternative current sensors position (see Note)

**Figure 8 – Method of test**

The mitigation is achieved when:

- Figure 8 a): line current goes to and remains equal to zero;
- Figure 8 b): difference between upstream current and current flowing through the IACD equals and remains at zero

The reference time for measurements shall be made in accordance with Annex C.



**Figure 9 – High energy detection and extinction tests – Arrangement principle**

### 9.3.4.4.3 Test conditions

Tests shall be performed in accordance with Table 5 below and Annex B.

**Table 5 – General conditions of tests under high energy**

| Parameter                                                                                                                           | Value                                                       | Remark                                                                                                             |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Number of samples <sup>a</sup>                                                                                                      | According to the manufacturer's instructions, 1 by default. | Unless replacement, after each or a definite number of test operation required by the manufacturer's instructions. |
| Number of test operations                                                                                                           | 1, unless specific manufacturer's requirements.             |                                                                                                                    |
| <sup>a</sup> To optimize tests, more than one IACD, stand-alone or multifunction type, can be tested during the same test sequence. |                                                             |                                                                                                                    |

### 9.3.4.4.4 Test result criteria

When combined with a circuit-breaker, the phase current allows the determination of the extinction time, the source voltage being maintained for sufficient time. See C.5.

When combined with an AQD, the extinction time is the time difference between  $t_0$  and the instant when all phase currents of the AQD become and remain equal to zero, or alternatively the time when the current difference between the source and the AQD becomes and remains equal to zero.

The following criteria shall be fulfilled:

- the detection time value of each output (when relevant), or (alternatively, for combined-type IACD) the extinction time value shall be within the manufacturer specifications;
- when there are different types of outputs (e.g. NO or NC, solid-state or electromechanical...), the performance of each-one shall be evaluated separately when the manufacturer's performance specifications are different. When not, all shall be considered for the measuring maximum value for each test;
- unless clearly excluded by the manufacturer's instructions (e.g. requiring the IACD replacement after an arc-fault event), a functional test (as specified by the manufacturer) shall be conducted after the test and recorded in the test report;

NOTE 1 This functional test sequence is agreed between the manufacturer and the test laboratory.

NOTE 2 The functional test includes the detection of faulty sensor(s), when relevant.

- the latching time is in accordance with the manufacturer's declaration (not applicable to combined-type IACD);
- each operation of the IACD is a consequence of arc-fault detection;
- the resetting shall be effective after operation.

A voltage spike is used to determine  $t_0$  for the detection and the extinction time measurement within this document. It allows an accurate start for an IACD performance measurement. See C.3 for exact method.

### 9.3.5 Dielectric properties

The IACD shall comply with 9.3.3.4 of IEC 60947-1:2020.

### **9.3.6 EMC tests**

#### **9.3.6.1 General**

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

The IACD is considered as product relevant for EMC environment A only.

Environment A relates to low-voltage non-public or industrial networks/locations/installations including highly disturbing sources.

NOTE Environment A corresponds to equipment class A in CISPR 11 and CISPR 32.

Combined-type IACD based on circuit-breakers shall be submitted to EMC tests according to F.2.2, F.3.2, F.4.2 to F.4.7, F.5 and Annex J of IEC 60947-2:2016 and of IEC 60947-2:2016/AMD1:2019.

Combined-type IACD based on AQD shall be submitted to EMC tests according to 9.3.2 of IEC 60947-9-1:2019.

Stand-alone and multifunction types IACD shall be submitted to tests according to 9.3.6.2 and 9.3.6.3.

To ensure the EMC compliance of the equipment during its useful life based on this type test, the manufacturer shall consider how to maintain the expected characteristic variations of the equipment within appropriate margins.

#### **9.3.6.2 Electromagnetic disturbances immunity tests**

##### **9.3.6.2.1 General**

Subclause 9.4.2.1 of IEC 60947-1:2020 applies.

##### **9.3.6.2.2 Electrostatic discharges**

Subclause 9.4.2.2 of IEC 60947-1:2020 applies.

##### **9.3.6.2.3 Radiated radio-frequency electromagnetic fields**

Subclause 9.4.2.3 of IEC 60947-1:2020 applies.

##### **9.3.6.2.4 Conducted disturbances induced by radio-frequency fields**

Subclause 9.4.2.4 of IEC 60947-1:2020 applies.

##### **9.3.6.2.5 Electrical fast transients/bursts (EFT/B)**

Subclause 9.4.2.5 of IEC 60947-1:2020 applies.

##### **9.3.6.2.6 Surges**

Subclause 9.4.2.6 of IEC 60947-1:2020 applies.

##### **9.3.6.2.7 Power frequency magnetic fields**

Subclause 9.4.2.7 of IEC 60947-1:2020 applies.



### 9.3.6.2.8 Voltage dips and interruptions

Subclause 9.4.2.8 of IEC 60947-1:2020 applies.

### 9.3.6.3 Electromagnetic disturbances emission tests

Subclause 9.4.3 of IEC 60947-1:2020 applies with the following additions.

Emission tests shall be performed according to Table 6 below.

**Table 6 – EMC – Emission tests**

| Description                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Reference standard    | Limits                        | Mounting |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-------------------------------|----------|
| Conducted RF disturbances<br>150 kHz to 30 MHz                                                                                                                                                                                                                                                                                         | CISPR 11 <sup>c</sup> | Class A, group 1 <sup>b</sup> | Free air |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | CISPR 32              | Class A <sup>b</sup>          |          |
| Radiated RF disturbances<br>30 MHz to 1 000 MHz <sup>a</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                           | CISPR 11 <sup>c</sup> | Class A, group 1 <sup>b</sup> | Free air |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | CISPR 32              | Class A <sup>b</sup>          |          |
| <sup>a</sup> Applicable only for equipment under test containing processing devices (e.g. microprocessors) or switched-mode power supplies operating at frequencies greater than 9 kHz.                                                                                                                                                |                       |                               |          |
| <sup>b</sup> Equipment class A in CISPR 11 and CISPR 32 corresponds to environment A in IEC 60947-1. Environment A equipment can cause electromagnetic interferences when installed in environment B. The manufacturer of environment A equipment shall declare the risk of electromagnetic interference in the product documentation. |                       |                               |          |
| <sup>c</sup> A description of the test, the test method and the test set-up is given in Clause 7 of CISPR 11:2015 and CISPR 11:2015/AMD1:2016.                                                                                                                                                                                         |                       |                               |          |

### 9.3.7 Environmental tests

#### 9.3.7.1 General

Q.3.1 of IEC 60947-1:2020 applies, with the following additions:

The IACD under test shall be equipped with at least one optical sensor of each type that is available for the IACD.

The functional test shall be performed in accordance with the manufacturer's specifications. The use of any tooling is permitted.

Vibration tests and shock tests shall be run successively on the same sample, in the order agreeable to the manufacturer.

#### 9.3.7.2 Damp heat test

The test shall be performed according to IEC 60068-2-30 (Test Db) 2 cycles at 55 °C, Variant 2.

A functional test shall be done during the first 2 h of the first cycle at the test temperature and during the last 2 h of the second cycle at the test temperature.

After a recovery period of 24 h in the normal atmospheric conditions, the insulation resistance measurement shall be conducted within 1 h after the recovery time. The insulation resistance shall be measured between each circuit and between each circuit and earth with a testing equipment complying with IEC 61557-2 (certain components, e.g. for transient suppression, may be required to be disconnected for this test). Table 7 below gives the conditions for insulation test.

**Table 7 – Insulation test parameters**

| Maximum of the rated operational voltages                                                                                                | Test voltage DC                   | Minimum insulation resistance |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| Up to 65 V                                                                                                                               | 2 × supply voltage (minimum 24 V) | 10 MΩ                         |
| Over 65 V                                                                                                                                | 500 V                             | 100 MΩ <sup>a</sup>           |
| <sup>a</sup> Lower values are accepted for products already previously successfully tested accordingly to 10.6.4.4 of IEC 60255-27:2013. |                                   |                               |

The IACD shall be verified after damp heat test by functional test (after minimum recovery time).

### 9.3.7.3 Vibration test

A vibration test shall be performed according to IEC 60068-2-6, Test Fc under conditions given by following Table 8:

**Table 8 – Vibration test parameters**

| Frequency range                            | Displacement | Acceleration |
|--------------------------------------------|--------------|--------------|
| 2 <sup>+3</sup> <sub>0</sub> Hz to 13,2 Hz | ±1 mm        | -            |
| 13,2 Hz to 100 Hz                          | -            | ±0,7 g       |

Test conditions:

- duration in case of no resonance condition: 90 min at 30 Hz;
- duration at each resonance frequency at which  $Q \geq 2$  is recorded: 90 min;
- tests shall be carried out in three mutually perpendicular planes;
- generally an amplification factor  $Q \leq 10$  is considered acceptable. Values higher than 10 shall be declared in the manufacturer documentation;
- critical frequencies are range of resonance frequencies where the amplification factor is greater than 2 without interruption;
- in case of several resonance frequencies within a range of 0,8 and 1,2 (sweep) of the critical frequencies, the duration of the test shall be 120 min at acceleration of 0,7 g.

Results obtained by continuous monitoring: during the vibration test, an unintended opening and closing of the contacts of more than 3 ms is considered a failure, unless a longer time is stated by the manufacturer in his documentation.

The defined interruption time (bouncing) may cause problems in some applications (e.g. programmable logic controller-monitoring with high speed inputs), this characteristic shall be considered in the application.

The IACD shall be verified after the vibration test by a functional test (see 9.3.9).

### 9.3.7.4 Shock test

Shock tests shall be performed according to IEC 60068-2-27, Test Ea under the following conditions:

Three positive and negative shocks, applied in each direction along three mutually perpendicular axes:

- pulse shape: half-sine;

- peak acceleration: 100 m/s<sup>2</sup>;
- duration of the pulse: 11 ms.

The IACD shall be verified after the shock test by a functional test.

### 9.3.8 Temperature-rise tests

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

Current-carrying parts with rated value less than 0,5 A are not deemed to be tested.

### 9.3.9 Functional tests

The following methods are said acceptable, upon the manufacturer's choice:

- embedded automatic test routine (permanent or on-demand);
- mobile test bench (for light and current simulation);
- any other solution provided by the manufacturer agreed by the laboratory.

The test criteria is the capability of an IACD to operate as intended.

The functional tests results shall be recorded in the test report.

## 9.4 Routine tests

### 9.4.1 General

For the definition of routine tests, see 3.8.2 of IEC 60947-1:2020 and 9.1.3 of IEC 60947-1:2020.

Routine tests are deemed to verify the following essential requirements on each product before commissioning:

- functional requirements;
- safety requirements.

They are usually performed at the last manufacturing stage but left to the manufacturer's discretion.

They are not intended to:

- verify the performances stated by the manufacturer;
- demonstrate any sensitivity or immunity level;
- cover all combinations of settings, hardware and software equipment;
- cover all ranges of supply voltage, input currents.

No additional routine tests for safety requirements (9.4.3) are deemed necessary for combined-type IACD compliant with their associated product standard.

When compliance is not demonstrated, safety requirements are covered by processing tests in 8.4 of IEC 60947-2:2016 (for line-type combined IACD) and 9.4 of IEC 60947-9-1:2019 (for parallel-type combined IACD).

### 9.4.2 Functional requirements

For these tests, the minimum equipment of the IACD can be acceptable as follows:

- one optical sensor;
- auxiliary power supply (when any) powered at nominal rated value;
- one output monitored, selected at random;
- when relevant, one external CT;

NOTE 1 More onerous configurations can be accepted.

In addition, the following is permitted:

- simulation of secondary current (either by Ampere x turn using a CT, secondary injection to simulate CT or full software simulation);
- simulation of arc-light by appropriate method (e.g. permanent light source for example xenon lamp, or arc-light simulation).

The following test applies:

- single verification of the operation of the IACD when all conditions (light and current, when relevant) are satisfied;
- single verification of the non-operation of the IACD when "light" condition is not fulfilled;
- alternatively (and for multifunction-type only) to verify the additional involved hardware components (e.g. CTs, optical inputs, contacts) without testing the operation.

NOTE 2 "Operation of the IACD" to be understood as "change-of-the-state".

### 9.4.3 Safety requirements

The test conditions shall be in accordance with 9.3.3.4.1, item 1), of IEC 60947-1:2020.

NOTE All input/outputs of stand-alone or multifunction-type IACD are covered by "control and auxiliary circuits" of IEC 60947-1.

The method of test shall be as in a) or b) or c) below at the manufacturer's discretion:

a) Two tests shall be made:

1) Impulse withstand voltage

The test voltage shall not be less than 30 % of the rated impulse withstand voltage (without altitude correction factor) or the peak value corresponding to  $2 \times U_i$  whichever is the greater, and

2) Power frequency withstand voltage

The test apparatus shall be as stated in 9.3.3.4.1, item 3) b), of IEC 60947-1:2020, except that the overcurrent trip threshold shall be set to 25 mA. However, at the discretion of the manufacturer, for safety reasons, test apparatus of a lower power or trip setting may be used, but the short-circuit current of the test apparatus shall be at least eight times the trip setting of the overcurrent relay; for example, for a transformer with a short-circuit current of 40 mA, the maximum trip setting of the overcurrent relay shall be  $5 \text{ mA} \pm 1 \text{ mA}$ .

The value of the test voltage shall be  $2 \times U_e$  max, with a minimum of 1 000 V RMS, applied for not less than 1 s. The overcurrent relay shall not trip.

b) A single power frequency test in accordance with item a) 2) above at a test voltage such that the peak value of the sinusoidal wave corresponds to the highest of the peak values of the following: 30 % of  $U_{imp}$ ,  $2 \times U_i$ ,  $2 \times U_e$  max or 1 000 V RMS.

c) An insulation resistance test at 500 V DC. The insulation resistance shall be not less than 1 MΩ at any point.

In addition, an IACD with accessible conductive parts which may become live in the event of a single-fault condition shall be subject to a low current continuity test to verify their bonding to the protective conductor terminal.

## 10 Test report

With regards to tests performed in accordance with Annex A and Annex B, the following information shall be given in the test report:

- IACD manufacturer's name or trade mark;
- type designation or reference;
- serial number(s);
- all characteristics which are verified by the test(s);
- settings, parameters, configuration for each test(s);
- reference of associated optical sensor and CT(s) (where applicable);
- reference of auxiliary power supply (when any);
- type and number of output(s) tested, and associated configuration (when relevant);
- light sensitivity setting (when relevant);
- for reduced energy tests (see Annex A):
  - environmental conditions;
  - arrangement of the arc-test box connections to power source;
  - description with pictures and/or drawings showing the main dimensions, details relevant to the mechanical and electrical arrangement including optical and current sensors;
  - measured performance for each operation;
  - result of functional tests;
  - tests repeated when deemed void;
  - any replacement of optical fibre or optical sensor;
  - number of samples when greater than 1;
- for high energy tests (see Annex B):
  - environmental conditions;
  - arrangement of the test connections to power source and the point(s) of initiation of the arc(s);
  - description with pictures and/or drawings showing the main dimensions and details relevant to the mechanical and electrical arrangement including optical and current sensors;
  - result of functional tests;
  - any replacement of optical fibre or optical sensor;
  - duration of the arc when different from standard value, and any use of mitigation device provided by the laboratory;
- for calibration, oscillograms showing prospective source-current(s) and source-voltage(s);
- for each test(s), oscillograms showing actual arc-current(s), arc-voltage(s) and any other information relative to the assessed characteristic (e.g. IACD trigger output);
- assessment of the test results.

## Annex A (normative)

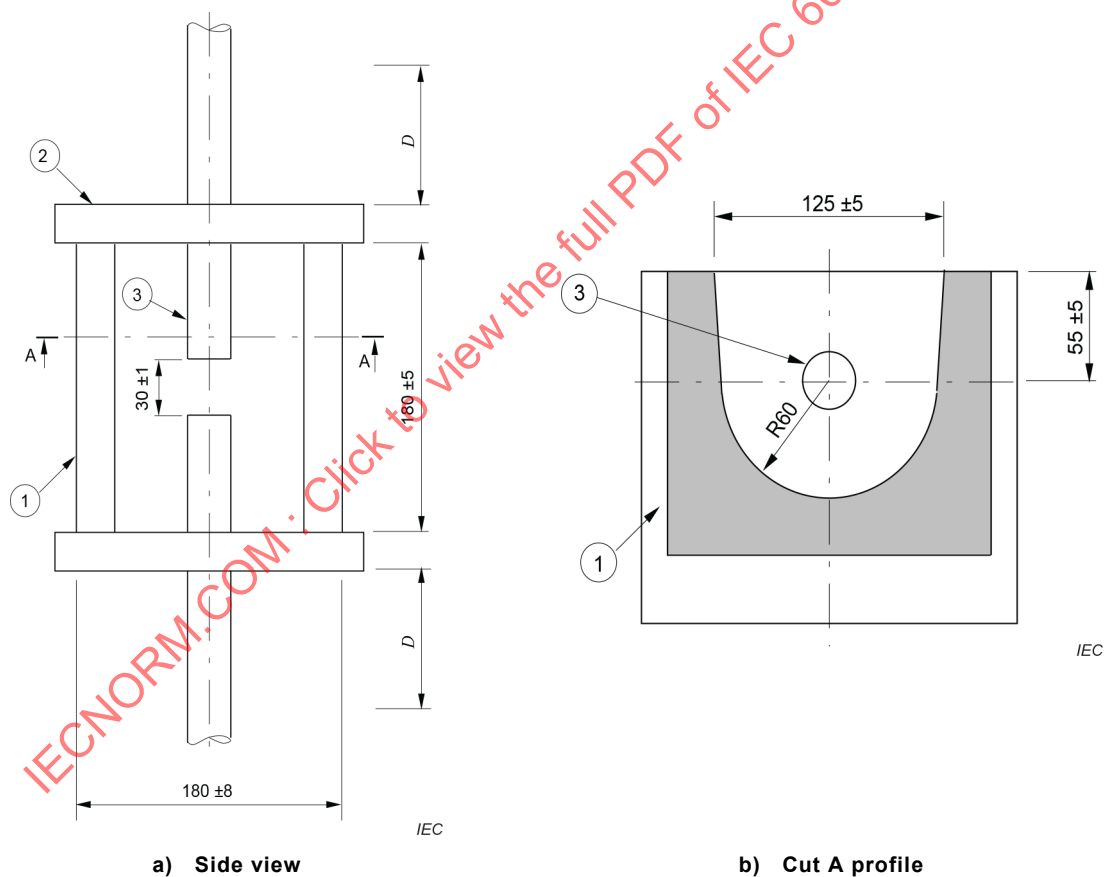
### Detection tests under reduced energy arcs

#### A.1 General

Tests under reduced energy shall be performed using the arc-test box, as defined in IEC 61482-1-2:2014 (see Figure A.1 a) and Figure A.1 b)).

In addition, the following changes applies:

- the electrodes shall be made of copper;
- the cable connection may be simplified (curve radius of connecting cables are not specified as long as arc does not extinguish);
- the material selection may be extended to alternative heat-resistant and non-conductive materials.



NOTE 1 30 mm arcing gap cannot be correlated with final use of the product, which is the scope of IEC TS 63107.

NOTE 2 All distances are in millimetres.

[SOURCE: IEC 61482-1-2:2014, Figure 1 and Figure 2, modified]

#### Key

- 1 non-conductive heat resistant material (plaster)
- 2 insulating plate, thickness > 15 mm
- 3 electrodes  $\varnothing$  25 mm  $\pm$  1 mm (copper)
- D distance to connection, length > 100 mm

Figure A.1 – Arc-test box outline

## A.2 Electrical test circuit, electrodes and arc parameters

### A.2.1 Electrical test circuit

Test circuit shall be in accordance with Table A.1 below.

**Table A.1 – Test circuit conditions**

| Parameter                                                                                                                                                                                                                         | Value                             |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|
| Test voltage and frequency <sup>a, b</sup>                                                                                                                                                                                        | 45 Hz to 65 Hz<br>400 V $\pm 5$ % |
| Cos ( $\Phi$ )                                                                                                                                                                                                                    | 0,5 <sub>0,1</sub>                |
| Closing angle of the source                                                                                                                                                                                                       | 90° $\pm 10^\circ$                |
| <sup>a</sup> This document does not cover DC applications or ratings, hence it does not define DC tests.<br><sup>b</sup> These values are not deemed to reproduce rated voltage or frequency of mains on which IACD is installed. |                                   |

### A.2.2 Calibration of test circuit

The circuit shall be calibrated by measuring the bolted (prospective) short-circuit current value.

### A.2.3 Electrodes

Rod-shaped electrodes shall have a diameter of 25 mm  $\pm 1$  mm.

Top and bottom electrodes shall be made from electrolytic copper (purity of at least 99,5 %).

The electrodes shall have flat faces (90°  $\pm 5^\circ$  to the centerline axis of the electrode).

### A.2.4 Ignition wire

To ignite the arc, an ignition wire defined in Table A.2 shall be used. The wire shall be electrically connected to both electrodes. The wire melts during the test and hence mass shall be kept small to minimize the effects on the tests.

Multiple-stranded twisted ignition wire is not permitted.

**Table A.2 – Ignition wire specifications**

| Parameter                                                                                                                       | Value                                      |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| Ignition wire material                                                                                                          | Copper <sup>a</sup>                        |
| Ignition wire size                                                                                                              | Ø 0,4 mm (0,125 mm <sup>2</sup> ) / AWG 26 |
| NOTE Ignition wire connection on or around electrodes can be done by any convenient way, for example sticking with copper-tape. |                                            |
| <sup>a</sup> Copper is considered to represent other potential materials involved in arcing (e.g. steel, aluminium).            |                                            |

### A.2.5 Arc electrical values

The arc shall be monitored in accordance with Table A.3.

**Table A.3 – Arc parameters**

| Parameter                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Value                                             | Remark                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Arcing gap                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 30 mm ± 1 mm                                      | Verification e.g. by use of 3-step caliper.                                                                                                                                                                                                             |
| Arc current value                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 10 <sup>0</sup> <sub>-1</sub> kA RMS <sup>c</sup> | Prospective (bolted fault) current value.<br>When adjustable, the test shall be repeated as follows:<br>– $I_{as}$ min<br>– $I_{as}$ max or max permitted setting of $I_{as}$ below 10 <sup>0</sup> <sub>-1</sub> kA RMS <sup>c</sup> , the greater of. |
| Orientation of the arc                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Vertical                                          | When sensors non-sensitive to arc orientation, horizontal orientation accepted as well.                                                                                                                                                                 |
| Duration of the arc <sup>a, d</sup><br>(stand-alone or multifunction)                                                                                                                                                                                                                                           | Half-period of the fundamental                    | Agreement between user and manufacturer when maintained for longer duration, e.g. when necessary due to any intentional delay or threshold on current.                                                                                                  |
| Duration of the arc <sup>a, b</sup><br>(combined-type)                                                                                                                                                                                                                                                          | Twice the maximum extinction time                 | Agreement between user and manufacturer when maintained for longer duration, e.g. when necessary due to any intentional delay or threshold on current.                                                                                                  |
| <sup>a</sup> If the arc extinguishes after detection achieved test is passed.<br><sup>b</sup> If the arc extinguishes because of mitigation, test is passed.<br><sup>c</sup> Or any lower value, when claimed by the manufacturer (see 5.2).<br><sup>d</sup> The arc-continuity shall be checked regarding C.4. |                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                         |

**A.2.6 Environmental conditions**

Tests shall be conducted in accordance with Table A.4.

**Table A.4 – Environmental conditions**

| Parameter                                                                                                                                                                                                                                                             | Value         | Remark                                                                               |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| Background light value <sup>a, b</sup>                                                                                                                                                                                                                                | 300 lx (max)  | No specific "black-box" type enclosure mandatory, upon discretion of test laboratory |
| Ambient temperature <sup>c</sup>                                                                                                                                                                                                                                      | 0 °C to 40 °C |                                                                                      |
| <sup>a</sup> The value shall be recorded in the test report.<br><sup>b</sup> Any other value may be accepted, provided that no incorrect operation is experienced.<br><sup>c</sup> The ambient temperature shall be within the limits given by the IACD manufacturer. |               |                                                                                      |
| NOTE The atmospheric pressure, the time between test operations and the relative humidity are considered as non-relevant test parameters.                                                                                                                             |               |                                                                                      |

**A.2.7 Conditioning of test objects**

No conditioning of sensors is required, unless specified in the manufacturer's documentation.

**A.3 Preparation and maintenance****A.3.1 Preparation and conditioning of the test box**

The test circuit shall be adjusted to meet the expected test current and the test arcing time values.



The electrodes shall be positioned to get 30 mm arcing gap between each other. The position of the sensor should be in the middle of the 30 mm arcing gap between the electrodes at a distance  $D$ . Figure A.2 and Figure A.3 below describe the schematic of point-sensor and optical fibre tests. The ignition wire which connects both electrodes by shortest distance possible shall be tightened and the remaining wire shall be cut off.

NOTE 1 To prevent the consequences of unintended arcs (see C.7), the use of copper tape is an option.

The test box shall be prepared and conditioned prior to the test.

In order to not facilitate the reflection, the U-shape shall be blackened. This could be done by using a black colorant before molding the U-block, or by painting before any use, and periodical re-furbishing. No painting or spraying shall pollute the electrodes. For the former, allow enough time for drying before use.

The test box shall be cleaned after each arc. Metal particles or any other debris shall be removed. If the box does not meet the measuring tolerances given within this document, it shall be replaced.

NOTE 2 The number of maximum test operations per test box are influenced by the box material and the construction of the box.

### A.3.2 Care and maintenance of the test equipment

The electrodes shall be cleaned mechanically after each arc test. The surface shall be clean. Melted metal and remains of the ignition wire shall be removed. The cleaning shall ensure a proper electrical contact between electrodes and ignition wire for proper ignition.

The needed 30 mm  $\pm$  1 mm distance between the electrodes shall be ensured after each test.

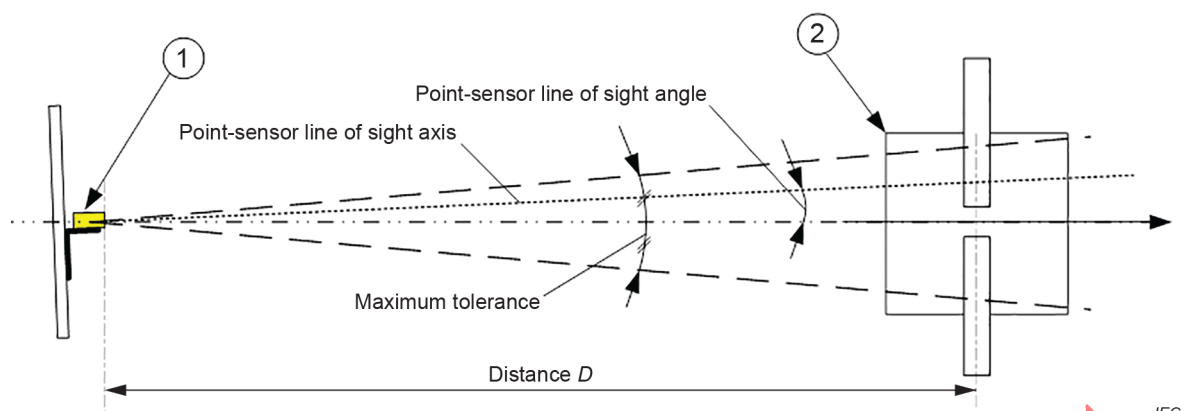
## A.4 Optical sensors conditioning and positioning

The conditions for the two existing types of optical sensors (i.e. point-sensors and optical fibre sensors) are described in Table A.5 and Table A.6.

Tests assume that point-sensors have a uniform angle of light acceptance. In any other case, additional tests shall be agreed between the manufacturer and the user.

**Table A.5 – Point-sensor positioning values**

| Parameter                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Value                                                                                                                                   | Remark                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Point-sensor distance $D$ to the arc                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Maximum sensor distance to the arc (according to the manufacturer's specifications), with a maximum distance of 2 000 mm <sup>a</sup> . | Tolerance on distance is $^{+5\%}_0$ .<br>When the manufacturer specifies to replace the sensor after each test operation, it shall be recorded in the test report.<br>When light sensitivity <sup>d</sup> is adjustable, the two extreme setting values shall be tested and results recorded in the test report. Additional tests may be required by the manufacturer. |
| Point-sensor line of sight angle <sup>b</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | $0^{+15^\circ}_{-15^\circ}$ <sup>c</sup>                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <sup>a</sup> Under agreement between manufacturer and user, this distance may be increased.<br><sup>b</sup> Point-sensor line of sight angle is the angle between the theoretical mid-distance to the electrodes and the real line of sight axis of the sensor as specified by the manufacturer.<br><sup>c</sup> Additional tests at greater values may be performed at the option of the manufacturer.<br><sup>d</sup> "Highest sensitivity" to be understood as the lowest current-value, or the lower setting, when adjustable. |                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |



**Key**

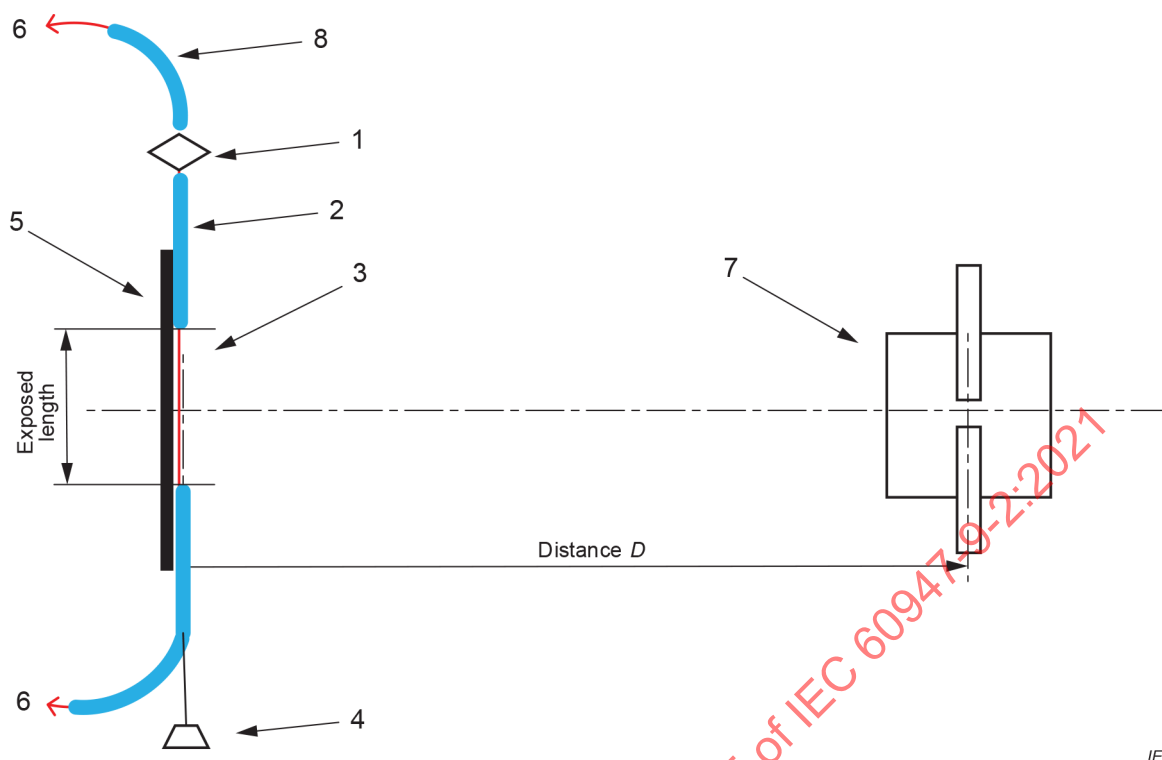
- 1 optical point-sensor
- 2 arc-test box

**Figure A.2 – Positioning principle (point-sensor test case)**

**Table A.6 – Optical fibre sensor positioning values**

| Parameter                                                    | Value                                                                                                                                                                                                                                                                  | Remark                                                                                                                                                                                                                                                 |
|--------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Exposed length of optical fibre sensor                       | Single section.<br>Unless a different value is required by the manufacturer, expose a length of 0,5 m centred at the mid-point of the arcing gap.<br>This length shall be installed at the longest distance from the IACD's optical input allowed by the manufacturer. | The tolerance on exposed length is $0_{-5\%}$ .<br>No reflection is allowed. A tube will protect non-exposed length. The background will be blackened to avoid any reflection.                                                                         |
| Distance $D$ from arc to optical fibre sensor exposed length | The fibre exposed mid-length distance to arc shall be set to the maximum value according to the manufacturer's specifications, with a maximum distance of 2 000 mm <sup>a</sup> .                                                                                      | Tolerance on distance is $+5\%_0$ .<br>The distance shall be recorded in the test report.<br>When the fibre has been damaged, the replacement is deemed to be done in accordance with the manufacturer's instructions and recorded in the test report. |
| Shape of exposed length of optical fibre sensor              | Vertically straight.                                                                                                                                                                                                                                                   | Fixing in open-air or on wooden plate is authorized to keep it straight.<br>Possibility to fix the "upper" part, and to weight the lower when necessary.                                                                                               |

<sup>a</sup> If agreed between the manufacturer and the user, this distance can be increased.



IEC

**Key**

- 1 optical fibre upper fixing point
- 2 opaque tube (blue)
- 3 optical fibre exposed length (red)
- 4 (optional) lower weight
- 5 background (blackboarded)
- 6 to IACD
- 7 arc-test box
- 8 loop-type optical fibre (optional)

**Figure A.3 – Positioning principle (optical fibre test case)****A.5 Instructions for IACD maintenance during test sequence**

Before any test operation, the test laboratory shall be allowed to carry on the following:

- visual inspection of the optical sensor;
- cleaning of the optical sensor;
- replacement of the optical sensor (when obviously damaged).

All operations shall be conducted according to the manufacturer's instructions, and sensor replacement (when any) recorded in the test report.

## Annex B (normative)

### Detection and extinction tests for high energy arcs

#### B.1 General

For consistency reasons, the detection tests under high energy have been aligned to the latest possible extent with the essential principles described in IEC TR 61641.

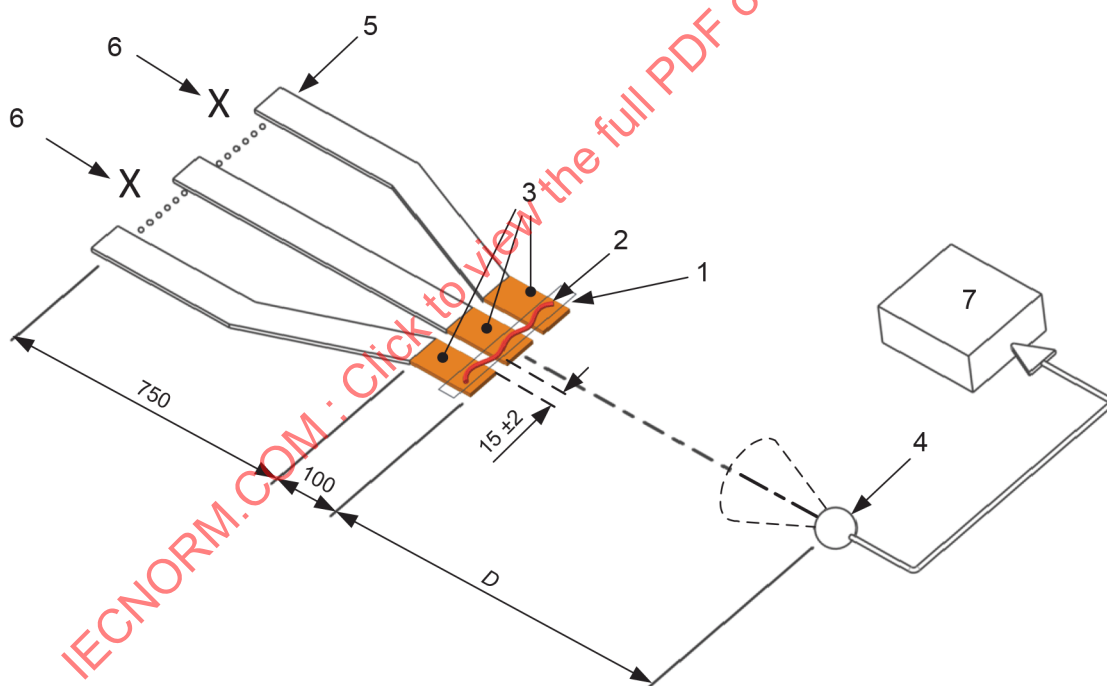
#### B.2 Test specimen, electrical test circuit, arc parameters

##### B.2.1 Test specimen (stand-alone or multifunction-type IACD)

Principle: the arc-fault shall be ignited between three-phase edge-to-edge copper busbars, by short-circuiting using an ignition wire (see Figure B.1).

Face-to-face busbars are accepted as an alternative design (see Figure B.2). Either is acceptable.

When present, neutral is not connected.



IEC

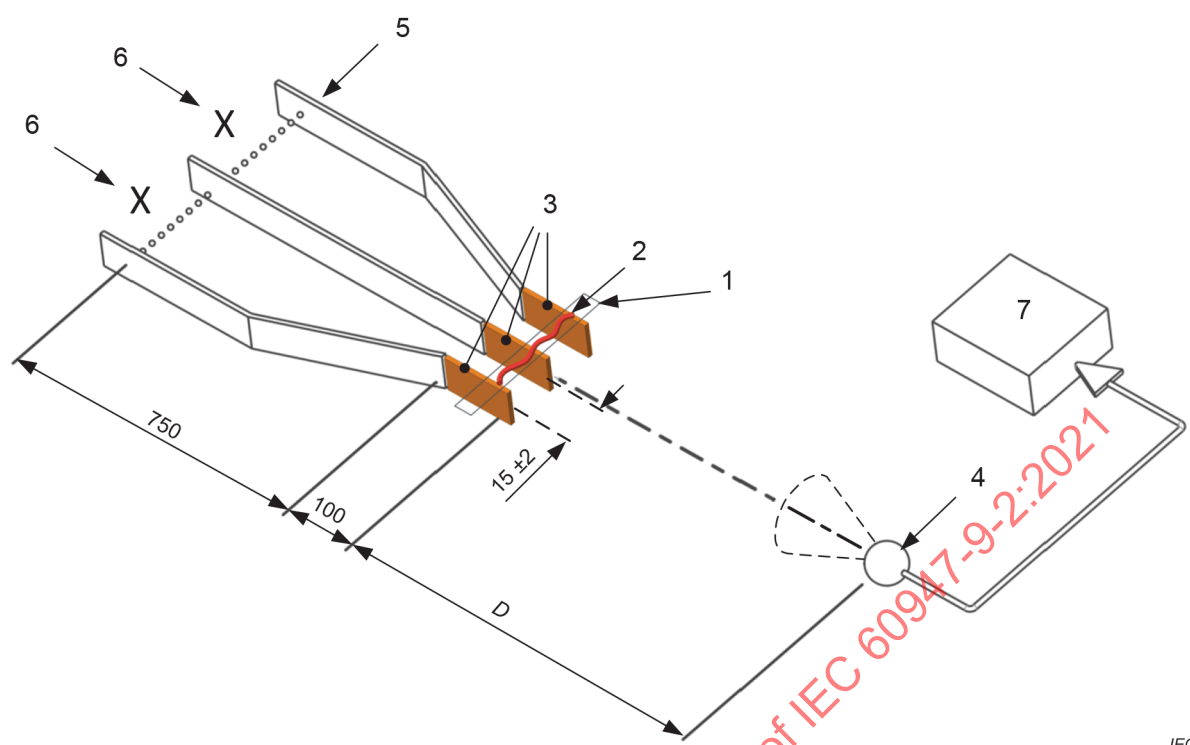
Unless otherwise stated by the manufacturer, the sensing surface of the optical sensor shall point directly at the arc (see Table B.4).

NOTE All dimensions are in millimeters.

#### Key

- 1 short-circuiting zone
- 2 ignition wire (red)
- 3 end-bars (orange): cross-section minimum values 6 mm x 75 mm
- 4 optical sensor
- 5 connection to source
- 6 temporary connection for calibration (X)
- 7 IACD under test

**Figure B.1 – Three-phase edge-to-edge arrangement principle  
(stand-alone or multifunction-type, top view)**



IEC

Unless otherwise stated by the manufacturer, the sensing surface of the optical sensor shall point directly at the arc (see Table B.4).

NOTE All dimensions are in millimeters.

#### Key

- 1 short-circuiting zone
- 2 ignition wire (red)
- 3 end-bars (orange): cross-section minimum values 6 mm × 75 mm
- 4 optical sensor
- 5 connection to source
- 6 temporary connection for calibration (X)
- 7 IACD under test

**Figure B.2 – Three-phase face-to-face arrangement principle  
(stand-alone or multifunction-type, top view)**

Assuming the distance  $D$  is unchanged, the light sensor may be installed in any position regardless of the busbar axis (see Figure B.5).

The arcing gap between copper bars in the arc ignition zone shall be 15 mm ± 2 mm.

### B.2.2 Test specimen (combined-type IACD)

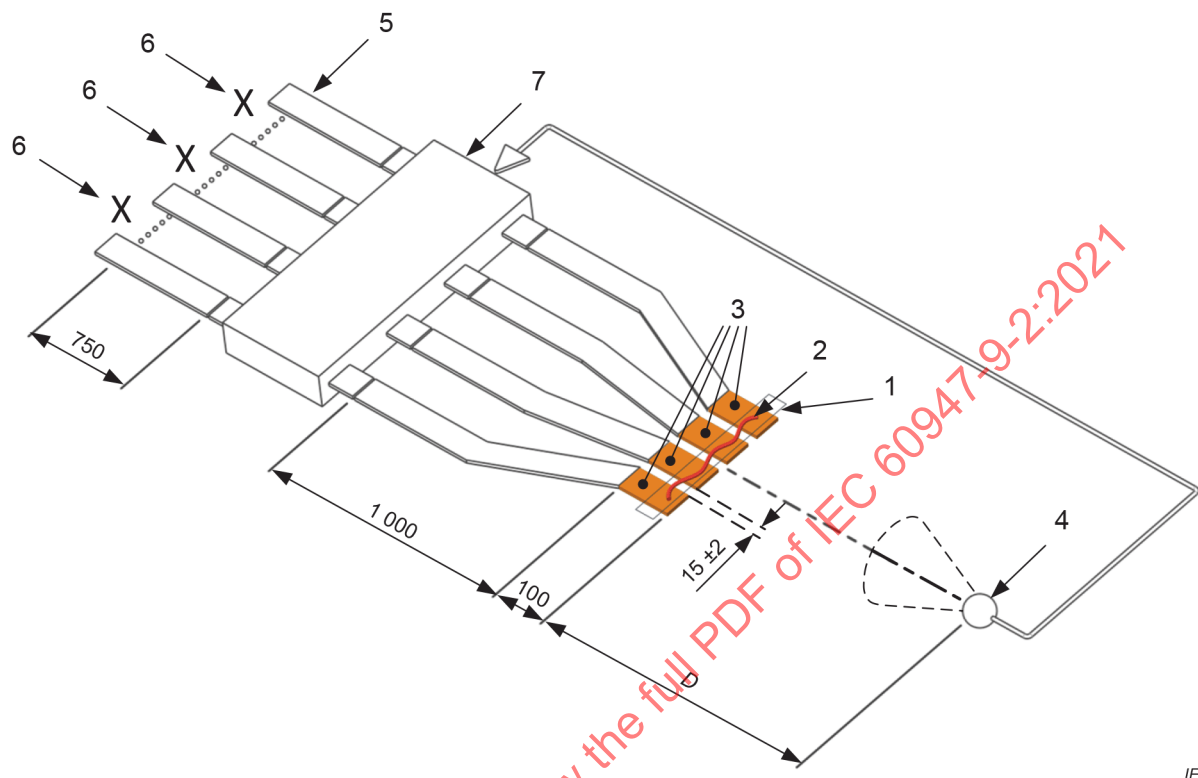
Principle: the arc-fault shall be ignited between three phases edge-to-edge copper busbars, by short-circuiting using ignition wire (see Figure B.3 and Figure B.5). Face-to-face busbars in arcing area (at least) is accepted as an alternative design (see Figure B.4 and Figure B.6). Either is acceptable.

When practically required, the IACD and/or busbar may be installed vertically, supposed busbar length kept essentially unchanged.

Unless required by the manufacturer, ensure that the optical sensor is not unintentionally subjected to a switching arc (i.e. normal arcing associated with switching or breaking operation, when any).

When the IACD under test is equipped with a neutral terminal, it shall be connected, unless there is another agreement between the user and the manufacturer.

NOTE Neutral is not supposed to carry on significant current values, and therefore testing laboratories are usually not equipped for such tests.



IEC

Unless otherwise stated by the manufacturer, the sensing surface of the optical sensor shall point directly at the arc (see Table B.4).

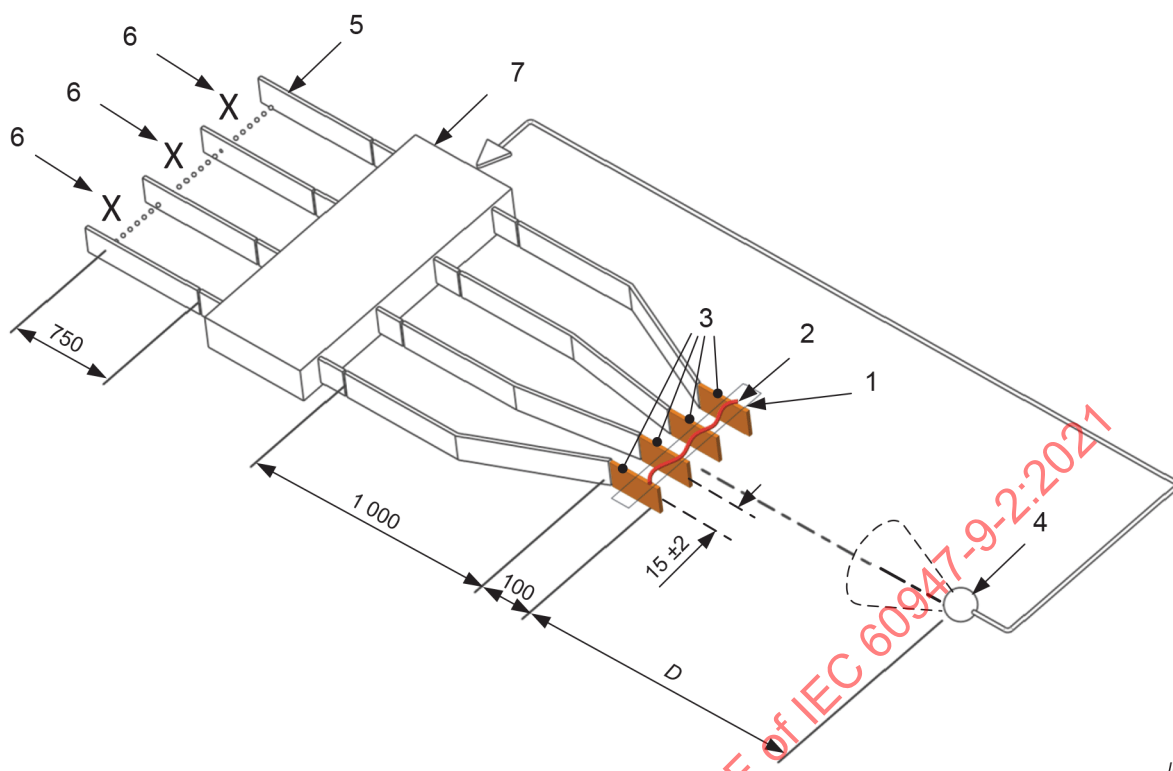
NOTE 1 All dimensions are in millimeters.

NOTE 2 This 3-D principle view can be changed to cope with the geometry of the IACD under test.

### Key

- 1 short-circuiting zone
- 2 ignition wire (red)
- 3 end-bar (orange): cross-section minimum values 6 mm × 75 mm
- 4 optical sensor
- 5 connection to source
- 6 temporary connection for calibration (X)
- 7 IACD under test

**Figure B.3 – Three-phase edge-to-edge arrangement principle  
(line combined-type, top view)**



IEC

Unless otherwise stated by the manufacturer, the sensing surface of the optical sensor shall point directly at the arc (see Table B.4).

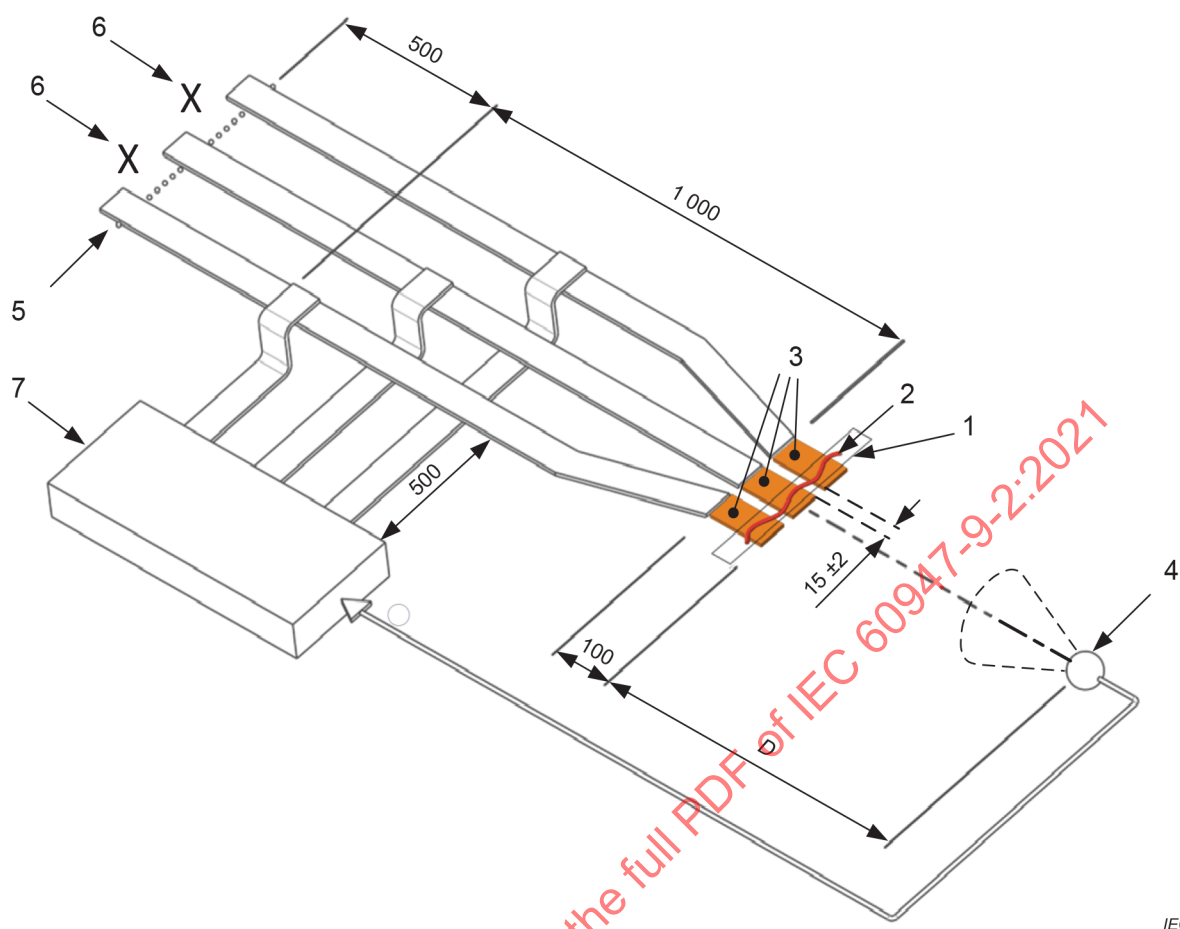
NOTE 1 All dimensions are in millimeters.

NOTE 2 This 3-D principle view can be changed to cope with the geometry of the IACD under test.

#### Key

- 1 short-circuiting zone
- 2 ignition wire (red)
- 3 end-bar (orange): cross-section minimum values 6 mm × 75 mm
- 4 optical sensor
- 5 connection to source
- 6 temporary connection for calibration (X)
- 7 IACD under test

**Figure B.4 – Three-phase face-to-face arrangement principle  
(line combined-type, top view)**



IEC

Unless otherwise stated by the manufacturer, the sensing surface of the optical sensor shall point directly at the arc (see Table B.4).

NOTE 1 All dimensions are in millimeters.

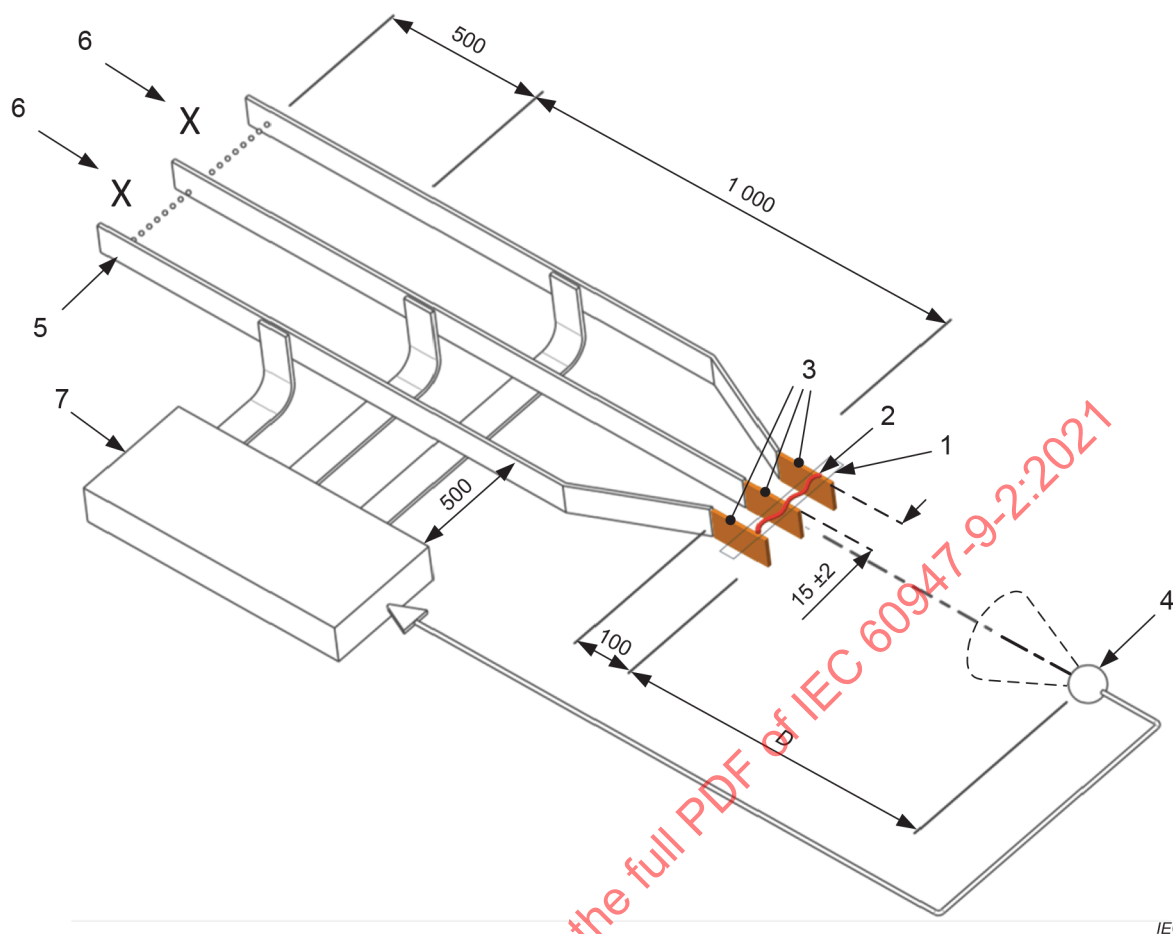
NOTE 2 This 3-D principle view can be changed to cope with the geometry of the IACD under test.

#### Key

- 1 short-circuiting zone
- 2 ignition wire (red)
- 3 end-bar (orange): cross-section minimum values 6 mm × 75 mm
- 4 optical sensor
- 5 connection to source
- 6 temporary connection for calibration (X)
- 7 IACD under test

**Figure B.5 – Three-phase test edge-to-edge arrangement principle  
(parallel combined-type, top view)**





Unless otherwise stated by the manufacturer, the sensing surface of the optical sensor shall point directly at the arc (see Table B.4).

NOTE 1 All dimensions are in millimeters.

NOTE 2 This 3-D principle view can be changed to cope with geometry of the IACD under test.

#### Key

- 1 short-circuiting zone
- 2 ignition wire (red)
- 3 end-bar (orange): cross-section minimum values 6 mm × 75 mm
- 4 optical sensor
- 5 connection to source
- 6 temporary connection for calibration (X)
- 7 IACD under test

**Figure B.6 – Three-phase test face-to-face arrangement principle  
(parallel combined-type, top view)**

Assuming the distance  $D$  is unchanged, the light-sensor may be installed in any position regardless of the busbar axis (see Figure B.7).

The arcing gaps between the copper bars in the arc ignition zone shall be 15 mm ± 2 mm.

### B.2.3 Electrical test circuit

This test shall be performed according to Table B.1.

**Table B.1 – Test circuit conditions**

| Parameter                                                                                                | Value                                                                                                         |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Test voltage                                                                                             | 400 V or maximum rated voltage as stated by manufacturer, the greater of the two.<br>Tolerance: $^{+5\%}_0$ . |
| Frequency <sup>a</sup>                                                                                   | 45 Hz to 65 Hz                                                                                                |
| Power factor                                                                                             | According to Table 2 of IEC 60947-2:2016                                                                      |
| Closing angle of the source                                                                              | For maximum peak current value on middle phase<br>Tolerance: $\pm 10^\circ$                                   |
| <sup>a</sup> This document does not cover DC applications or ratings, hence it does not define DC tests. |                                                                                                               |

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

#### B.2.4 IACD configuration

All settings of the IACD shall be recorded in the test report. When testing a combined-type IACD, all settings for overcurrent protection shall be set at max values, when relevant.

#### B.2.5 Arc parameters

The arc shall be monitored in accordance with Table B.2.

**Table B.2 – Arc values**

| Parameter                                                                                                                                                                          | Value                                                                                                                                            | Remark                                                                                                                                                                                                                                                    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ignition wire size                                                                                                                                                                 | Ø 0,4 mm (0,125 mm <sup>2</sup> ) / AWG 26                                                                                                       | Multiple-stranded twisted ignition wire is not permitted                                                                                                                                                                                                  |
| Ignition wire material                                                                                                                                                             | Copper                                                                                                                                           | Caution shall be kept in attaching the ignition wire to prevent from unintended arcing (see C.7)                                                                                                                                                          |
| Duration of the arc (for stand-alone or multifunction type IACD)                                                                                                                   | 10 ms (or half-cycle) considered as min value <sup>a</sup> .                                                                                     | Agreement between manufacturer and customer when maintained for longer duration, e.g. when necessary due to any intentional delay or threshold on current<br><br>When the arc duration is less than minimum value, the test is void and shall be repeated |
| Duration of the arc (for combined-type IACD)                                                                                                                                       | The prospective value shall be greater than the maximum expected extinction time (as stated by the manufacturer) plus one period of fundamental. | The arc duration is limited by the mitigation device operation                                                                                                                                                                                            |
| Arc short-circuit prospective current value                                                                                                                                        | According to the manufacturer's specifications.                                                                                                  | See 5.4. No reduction of let-through current permitted before 10 ms.                                                                                                                                                                                      |
| <sup>a</sup> When necessary, the duration of the arc, if longer than 10 ms or half-cycle, may be shortened by using mitigation devices. This shall be recorded in the test report. |                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                           |

### B.3 Environmental conditions

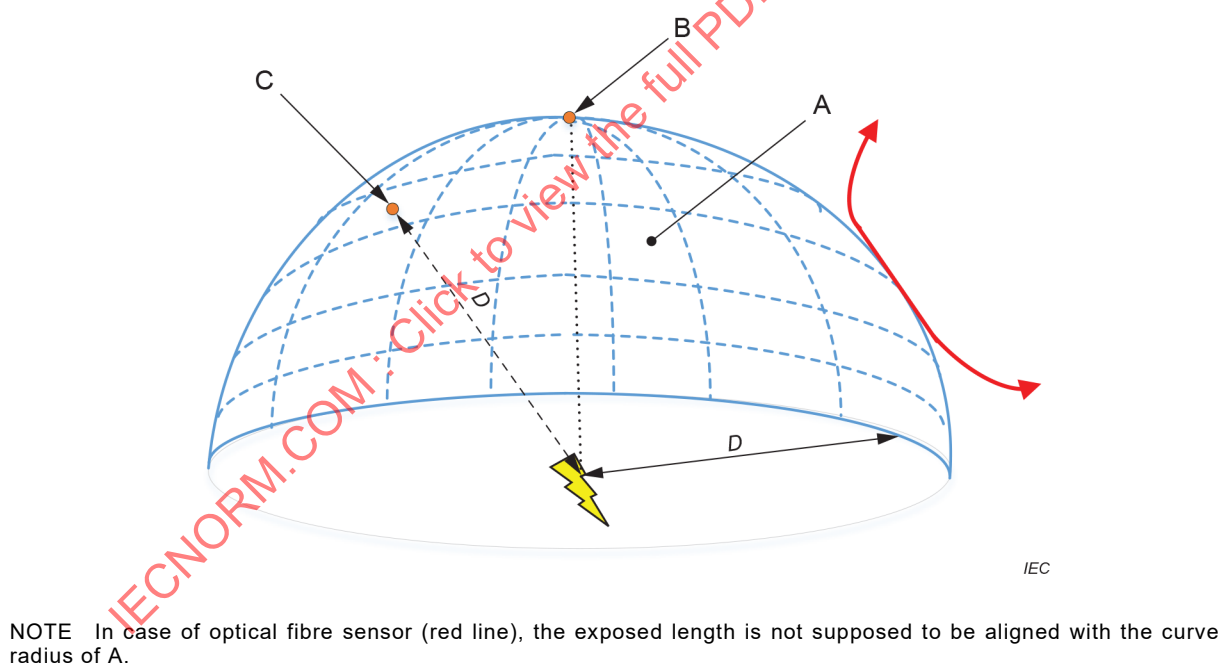
Tests shall be conducted in accordance with Table B.3.

**Table B.3 – Environmental conditions**

| Parameter                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Value                                                                                                                 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Background light value <sup>a, b</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | The maximum value shall be such as no tripping occurs due to unintentional light sources (e.g. sunlight, flood light) |
| Ambient temperature <sup>c</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | -5 °C to +40 °C                                                                                                       |
| Time between test operation                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Not specified                                                                                                         |
| <sup>a</sup> The measured value shall be stated in the test report.<br><sup>b</sup> No specific "black-box" type enclosure is mandatory, up to the test laboratory to decide test conditions. However, direct exposure of sensors to:<br>- intense ambient light sources (e.g. sunlight, flood light, discharge lamps), and<br>- flash lamps or any safety lights.<br>is forbidden. Therefore, use of screen, shielding around sensor(s) can be considered.<br><sup>c</sup> The ambient temperature shall be within limits given by the IACD manufacturer. |                                                                                                                       |

## B.4 Optical sensors conditioning and positioning

The conditions for the two different existing types of optical sensors (i.e. point-sensors and optical fibre sensor) are described in Figure B.1, Figure B.2, Figure B.3, Figure B.4, Figure B.5, Figure B.6, Figure B.7, Table B.4 and Table B.5.



NOTE In case of optical fibre sensor (red line), the exposed length is not supposed to be aligned with the curve radius of A.

### Key

- A surface of iso-distance to arc
- B axial (preferred) position of optical point-sensor
- C example of acceptable position for optical point-sensor
- D distance to arc
- point-sensor
- arc ignition point
- example of positioning for optical fibre sensor

**Figure B.7 – Positioning of optical sensor vs arc**

**Table B.4 – Point-sensor positioning values**

| Parameter                                                                                                                                                                                             | Value                                                            | Remark                                                                                                                                                          |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Point-sensor distance to the arc                                                                                                                                                                      | Minimum sensor distance to the arc as stated by the manufacturer | When a secondary sensor is used, any method is permitted to prevent from inhibition                                                                             |
| Point-sensor line of sight angle <sup>a</sup>                                                                                                                                                         | $0^{\circ} \pm 30^{\circ}$                                       | The point-sensor line of sight angle is not assumed to be a critical parameter, as the arc "illumination" zone is much wider as compared to reduced energy arcs |
| <sup>a</sup> The point-sensor line of sight angle is the angle between the theoretical mid-distance to the electrodes and the real line of sight axis of the sensor as specified by the manufacturer. |                                                                  |                                                                                                                                                                 |

**Table B.5 – Optical fibre sensor positioning values**

| Parameter                                       | Value                                                                                                                                                                                              | Remark                                                                                                                                        |
|-------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Optical fibre sensor distance to the arc        | Minimum sensor distance to the arc as stated by the manufacturer                                                                                                                                   | When a secondary sensor is used, any method is permitted to prevent from inhibition                                                           |
| Exposed length of optical fibre sensor          | Unless shorter value stated by manufacturer, to expose a length of 0,5 m at mid-length.<br><br>This length shall be selected at the closest distance from the IACD, as stated by the manufacturer. | No intentional reflective surface requested<br>An opaque tube will protect non-exposed length. No background requested                        |
| Shape of exposed length of optical fibre sensor | Straight                                                                                                                                                                                           | Fixing in open-air is authorized to keep it straight<br><br>Possibility to quench the upper part, and to weight the lower part when necessary |

## B.5 Instructions for maintenance

The maintenance of test end-bars and the IACD shall be done in accordance with Table B.6.

**Table B.6 – Authorized maintenance**

| Description                                               | Condition                                                                                                                                                             | Remark                                                 |
|-----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| Authorized maintenance of end-bars between test operation | Cleaning, refurbishing or replacement of end-bars                                                                                                                     | Check arcing gaps are within the specified value range |
| Authorized maintenance of sensors after test operation    | Optical check to detect any damage<br>Cleaning is permitted<br><br>Any sensor could be replaced after each test operation, even when not required by the manufacturer | In accordance with the manufacturer's instructions     |
| Authorized maintenance of the IACD after test operation   | Any                                                                                                                                                                   | In accordance with the manufacturer's instructions     |

## Annex C (normative)

### Arcing current parameters

#### C.1 Preamble

The performances of an IACD are expressed in term of detection time (or extinction time) to the arc ignition phenomena. However, this phenomenon could be ambiguous and not always obvious to detect. Therefore, it is critical to define some rules in order to prevent mistakes which could lead to systematic errors in measurements of an IACD performances.

This annex describes:

- the ignition of an arc-fault in the context of an IACD performance qualification;
- the light-emission phenomena associated with an arc-fault;

and is intended to:

- describe the arcing current created by melting an arc ignition wire under a source voltage greater than 100 V AC and arc current greater than a few amps;
- support users of this document when measuring the performance of an IACD.

Any other method, other than the one described in this annex will not be accepted.

#### C.2 The different phases of an arc

There are many different cases for arc ignition and behavior. The intent of this annex is only to cover arc in LV assemblies domain.

Table C.1 below identifies the main phases (as numbered in Figure C.1) and the essential characteristics of the arc.

**Table C.1 – Main phases of an arc-fault**

| Phase Nb | Characteristic                                      | Source current waveform            | Light emission        |
|----------|-----------------------------------------------------|------------------------------------|-----------------------|
| 1        | Pre-test, time before the test circuit is energized | -                                  | No                    |
| 2        | Pre-arcing                                          | Quasi-sinusoidal                   | No                    |
| 3        | Arc ignition phase                                  | Visible distortion due to back EMF | Yes                   |
| 4        | Continuous arcing                                   | Permanent distortion               | Yes (quasi-permanent) |

### C.3 Detection of arc ignition ( $t_0$ )

The detection method is based on the voltage processing, as follows:

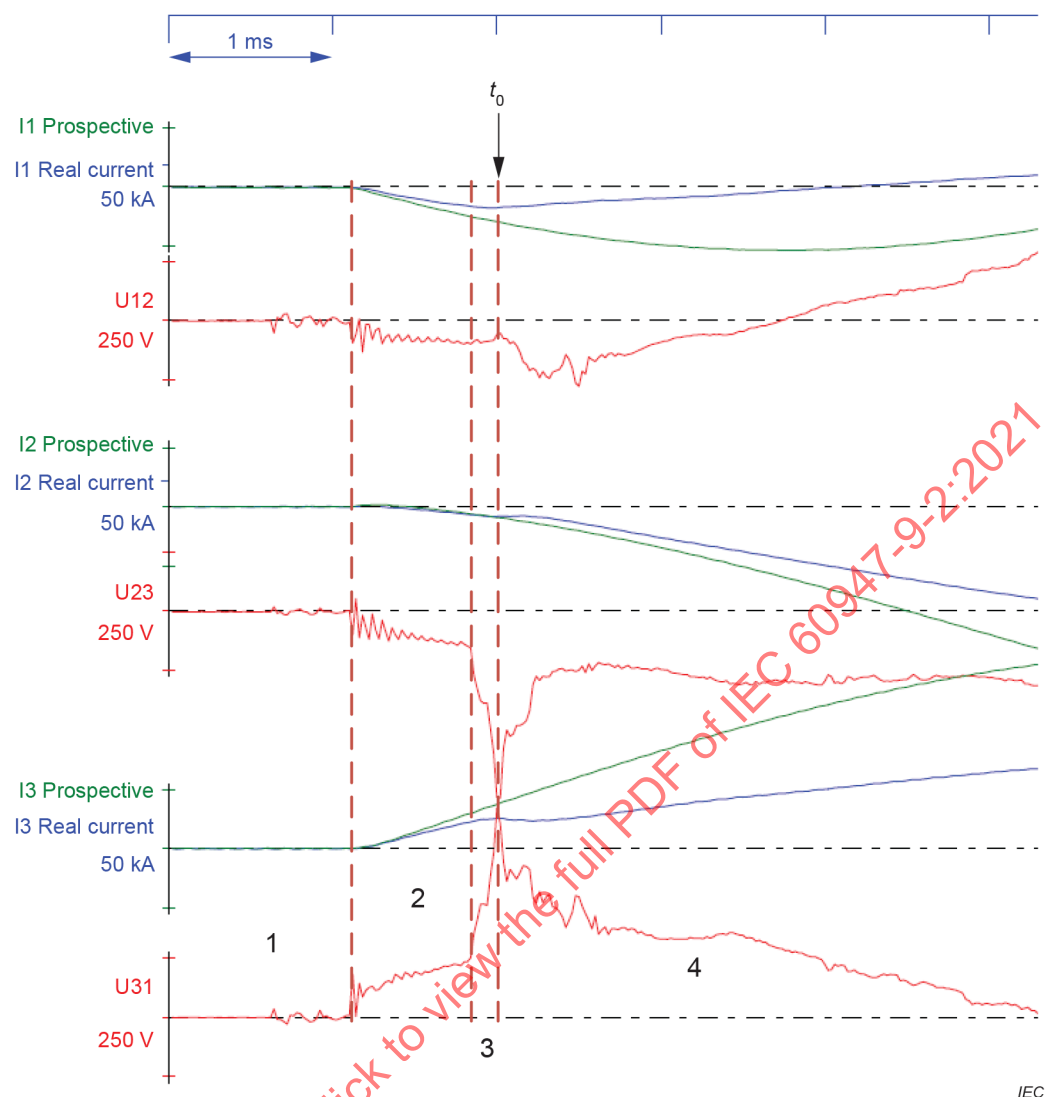
- For three-phase tests, the arc ignition time when two phases demonstrate a peak value in phase-to-phase voltage curves;
- For single-phase tests, the arc ignition time when the arc voltage measurement demonstrates a peak value.

NOTE 1 When establishing an arc in a three-phase circuit, the aim is to detect the first bi-phased arc.

NOTE 2 The devices based on light-detection (e.g. photodiode) can be applied for confirmation purpose only.

Figure C.1 below illustrates how to determine the arc ignition time (identified as  $t_0$ ) for any IACD performance measurements.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60947-9-2:2021



NOTE Upper curves are from internal arc-fault test under following conditions:

$I_p(\text{cal})$  227 kA

$I_{\text{RMS}}$  104 kA

$U$  430 V

Ignition wire Cu 0,8 mm<sup>2</sup>

arcing gap 100 mm

**Key**

red curves phase-to-phase voltage

green curves prospective phase current

blue curves actual phase current

1 pre-test phase

2 pre-arcing phase

3 arc ignition

4 continuous arcing phase

$t_0$  voltage spike peak value (proposed reference)

**Figure C.1 – Detection of arc ignition**

Even when light-emission starts during phase 3 in Figure C.1, the reference will be considered as time  $t_0$  because it is a clear proxy for the arcing current initiation.

When no voltage spike is demonstrated, the test is deemed void and shall be repeated.

## C.4 Arc continuity

The arc shall not be self-extinguishing. Therefore, the following criteria shall be applied:

- every phase current shall be re-established each zero-crossing, for the intended test duration;
- for a single-phase test, no interruption of current, even temporary, is allowed;
- for a three-phase test, a temporary interruption (less than half-period) of one phase is acceptable.

## C.5 Detection of arc-extinction

### C.5.1 General

This subclause is intended to support identification of complete extinction by a combined-type IACD. Depending upon mitigation principle (by quenching or by switching off line current), the two following methods shall be applied.

### C.5.2 Quenching device

When the IACD is compliant with IEC 60947-9-1, the arc-fault is considered fully extinguished when all IACD pole voltages are between 0 V and  $34 V_{peak}$ . The measured duration between the first time this condition is satisfied and  $t_0$  shall be considered as the IACD extinction time.

NOTE An other agreement can be made between the manufacturer and the user when the IACD does not comply with IEC 60947-9-1.

### C.5.3 Current-switching device

When the IACD is switching-off the line-current (e.g. circuit-breaker), the breaking is achieved when power-frequency voltage has been fully recovered across all poles (assuming no further re-ignition is detected for two successive zero-crossings). The measured duration between the first time this condition is satisfied and  $t_0$  shall be considered as IACD arc extinction-time.

## C.6 Measurement means

In order to guarantee the accurate detection of  $t_0$ , the following minimum characteristics shall be respected:

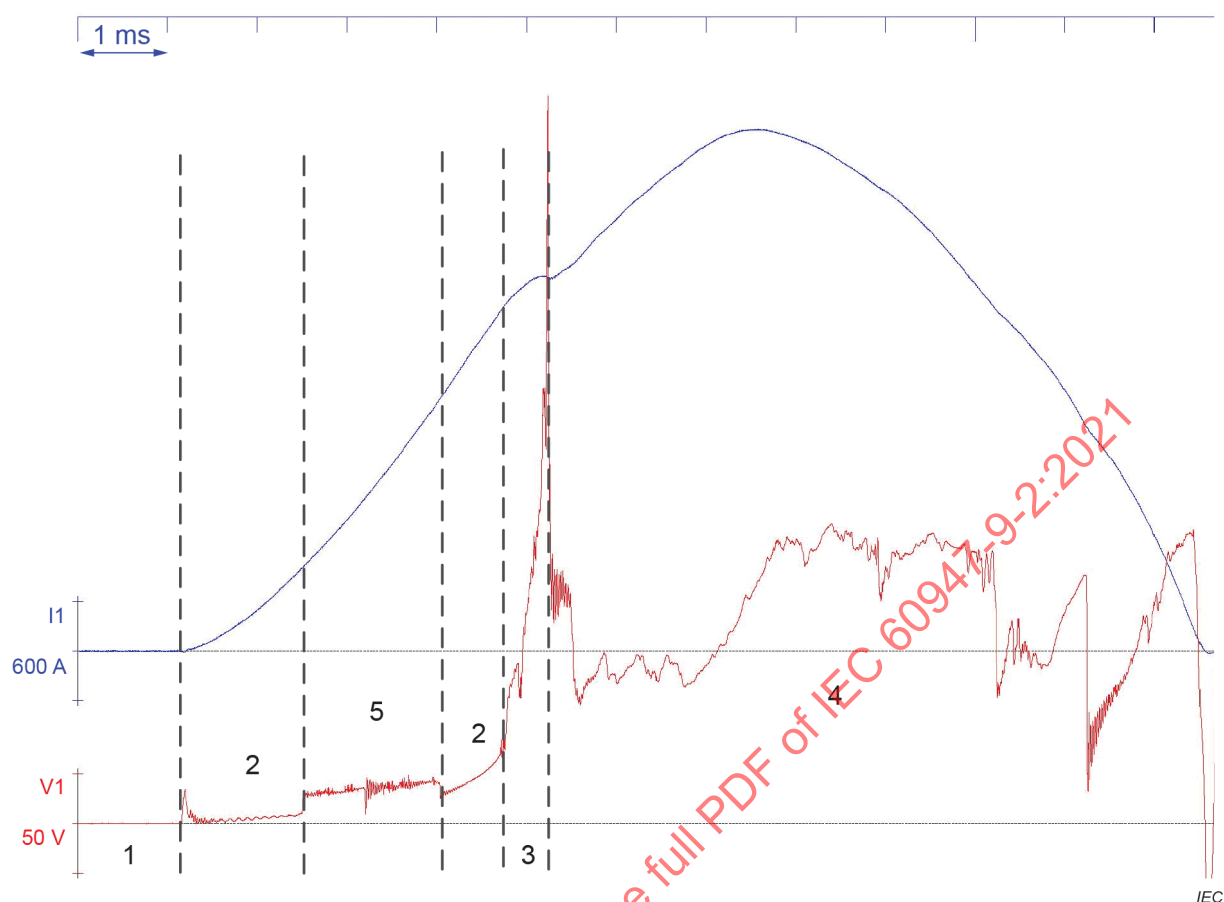
- voltage sampling rate: 200 ksample/s;
- digitization resolution: 10 bits;
- bandwidth (-3 dB): 0,5 MHz.

## C.7 Waveform consistency

Due to the interconnection between the ignition wire and busbars, some phenomena can lead to unintended arcing, considered as being luminous phenomena which occurs before ignition wire melting. This shall be detected by the laboratory.

As indicated in Figure C.2, an incorrect connection of ignition wire will create light (zone 5) before the expected zone (zone 3). Therefore, the laboratory is encouraged to check the voltage to identify such voltage "steps" before melting. In such case, the test has failed and shall be repeated.





NOTE Upper curves are from arc-fault test under the following conditions:

$I_p(\text{cal})$  5 kA

$U$  400 V

Ignition wire Cu 0,5 mm<sup>2</sup>

**Key**

- phase-to-phase voltage
- actual phase current
- 1 pre-test phase
- 2 pre-arcing phase
- 3 arc ignition
- 4 continuous arcing phase
- 5 unintended arcing caused by e.g. incorrect connection of ignition wire

**Figure C.2 – Example of invalid test due to unintended arcing caused by incorrect connection of ignition wire**

## **Annex D** (informative)

### **IACD optical measurements**

#### **D.1 Preamble**

##### **D.1.1 General**

When it comes to detecting the brightness of natural optical effects e.g. arc-fault events, the electrical engineer is often facing the unexpected question regarding which dimensions and units to use. There does exist a lot of names and units (e.g. luminous flux, irradiance, radiant intensity, illuminance, candela, steradian, lux, Watt), but the relevance is not always clearly established.

Annex D is intended to help users specifying and understanding the IACD characteristics. For example, the light-based IACD used in power distribution systems to detect internal arcing often refers to lux values. However, optoelectronic engineers use Watt values to describe the light power e.g. in detection and emission. How do units of Watt relate to lux in these types of systems and in general?

This annex also describes typical spectra of common light sources and arc-fault, stressing essential characteristics.

##### **D.1.2 Photometry – The appearance point of view**

In some cases, the question is how bright a certain object appears to the human eye. This question is very important in application fields like e.g. illumination, display design, car lamp design, photography and cinema. For those problems, only the visible part of the electromagnetic spectrum (i.e. wavelength range from 380 nm to 780 nm) is of importance. Ultra violet light (UV, shorter wavelength, e.g. "black light") and infrared light (IR, longer wavelength, e.g. the heating effect of sunlight) are not considered in photometry because the human eye cannot see this part of the electromagnetic spectrum.

Historically, a method was developed to compare the brightness of a candle, using the human eye as a tool. A unit "candela" was created to measure the brightness of one candle. The candela, an SI<sup>1</sup> unit of luminous intensity, is the basis of photometric optical units.

##### **D.1.3 Radiometry – The technical point of view**

In other cases, you may be interested in the physical properties of optical radiation. This task is typical, for example, for the design of optical communication links, the design of optical sensor systems and the development of optical components. In this technical understanding, optical radiation includes all electromagnetic radiation in the wavelength range typically from 10 nm to 1 mm.

#### **D.2 The different optical units**

##### **D.2.1 General**

Photometry and radiometry use very different units. Depending upon cases, photometric or radiometric system can be selected (see Table D.1).

---

<sup>1</sup> Système International (d'unités), International System of Units.

EXAMPLE 1 When considering the brightness of a workspace, the photometric system is used, and the illumination is typically expressed in lux (lx).

EXAMPLE 2 When considering the optical communication link, a radiometric system is used. The optical power of the transmitter and the receiver is typically defined in Watt together with the wavelength, typically in nm or  $\mu\text{m}$ .

**Table D.1 – Selected photometric and radiometric definitions and units**

| photometric        |                                 |                                                                                                                                                                             |
|--------------------|---------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| name               | unit                            | meaning                                                                                                                                                                     |
| Luminous flux      | lumen (lm)                      | Total amount of light emitted from a source per unit of time as weighted by $v(\lambda)$ .<br><br>Lumen is often used to describe light sources like lamps, neon tubes etc. |
| Illuminance        | lux (lx) = (lm/m <sup>2</sup> ) | Density of the luminous flux at a point on a surface, defined as luminous flux per unit area. The lux unit is often used to quantify the illumination of work spaces.       |
| Luminous intensity | candela (cd) = (lm/sr)          | Luminous flux emitted into a certain solid angle.<br><br>Candela is "the basis of optical units". It was first used to describe the perceived brightness of a candle.       |

| radiometric         |                                                           |                                                                                                                                                                          |
|---------------------|-----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| unit                | name                                                      | meaning                                                                                                                                                                  |
| Watt (W)            | Radiant flux (also called optical power or radiant power) | The energy radiated by a source or meeting a surface per unit of time (W = J/s). Watt is often used to describe e.g. the optical power emitted by a laser <sup>a</sup> . |
| (W/m <sup>2</sup> ) | Irradiance, (also called optical power density)           | Density of optical power at a point on a surface <sup>a</sup> .                                                                                                          |
| (W/sr)              | Power per steradian                                       | Optical power emitted into a certain solid angle <sup>a</sup> .                                                                                                          |

<sup>a</sup> Each value is wavelength dependent.

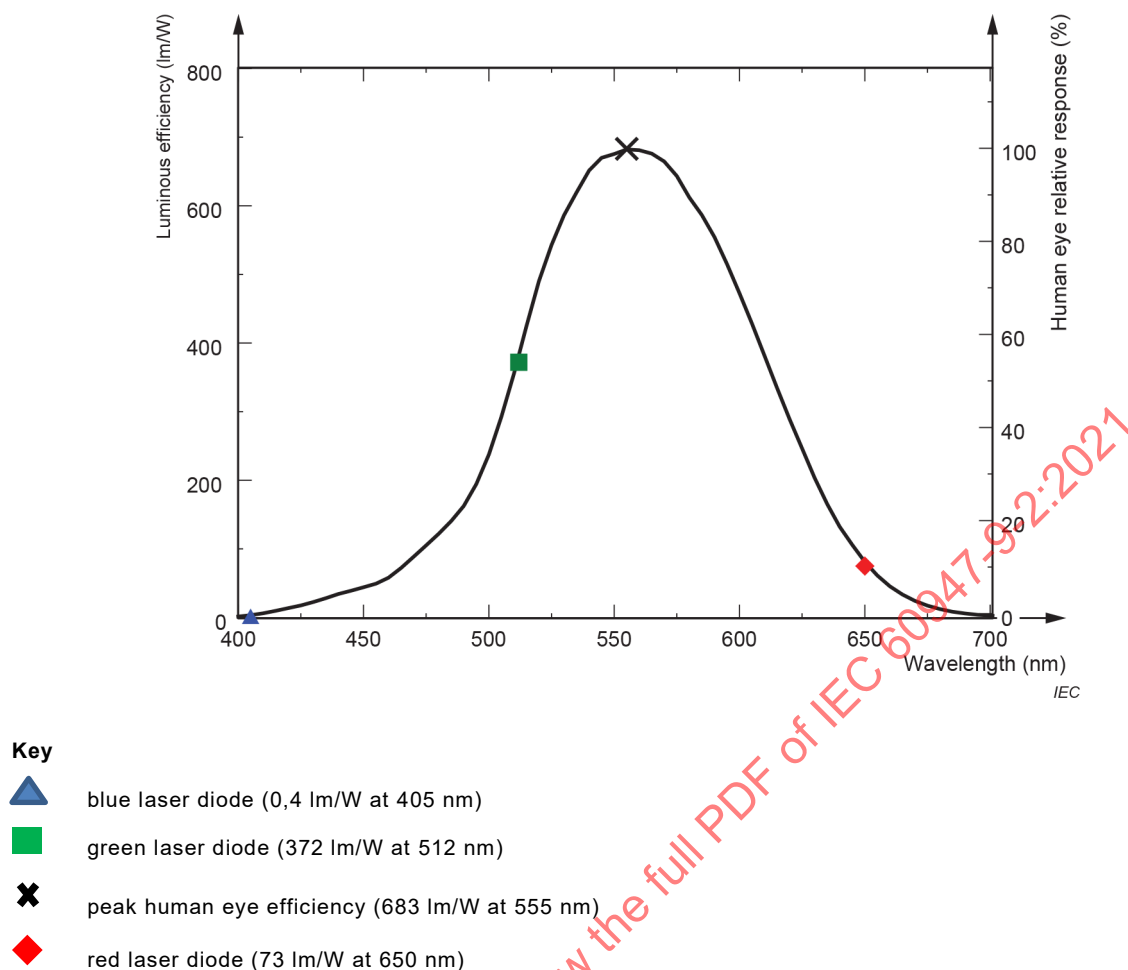
### D.2.2 The luminosity function

The connecting link between photometry and radiometry is the sensitivity of the human eye, which is described by the luminosity function, also known as  $v(\lambda)$  curve. It was first standardized in 1924 by the CIE<sup>2</sup>.

The luminosity function describes how a human eye perceives the light intensity of a certain wavelength (see Figure D.1). The maximum sensitivity of the human eye (during daylight or well-lit conditions) occurs at a wavelength of 555 nm (green). The luminosity function is dimensionless with the maximum value of 1 % or 100 % at 555 nm (see right axis of Figure D.1). Based on monochromatic light at this wavelength, the lumen/Watt value (known as luminous efficacy  $\eta_l$ ) is defined by scaling the 100 % value to 683 lumen/Watt (see left axis of Figure D.1). This efficiency relates the spectral efficiency,  $\eta_s$  to electrical efficiency,  $\eta_e$  by the following equation.

$$\eta_l = \eta_s \eta_e \quad (\text{D.1})$$

<sup>2</sup> Internal Commission on Illumination, based in Vienna. See <http://www.cie.co.at/> [viewed 2020-12-21].



**Figure D.1 – The luminosity function, also known as  $v(\lambda)$  curve, describes the sensitivity of the human eye**

### D.2.3 How to use the luminosity function

#### D.2.3.1 Case 1: single wavelength

Figure D.1 shows the luminous efficacy of selected narrow band light sources. The luminous efficacy of a green laser pointer is 372 lm/W, whereas a red laser pointer has only about 73 lm/W. This is the reason why a green laser pointer appears much brighter to the human eye compared to a red laser pointer with the same optical power expressed in Watt.

#### D.2.3.2 Case 2: wide spectrum

In the more complicated case of optical events with more than one wavelength, the (lumen/Watt) value can only be achieved by applying the following formula (definition of the luminous efficacy).

NOTE It is essential to know the optical spectrum,  $\Phi_{e,\lambda}$ .

$$K = \frac{\Phi_v}{\Phi_e} = \frac{\int_0^\infty v(\lambda) \Phi_{e,\lambda} d\lambda}{\int_0^\infty \Phi_{e,\lambda} d\lambda} \quad (\text{D.2})$$

where

$K$  is the luminous efficacy, i.e. the lumen/Watt value \*\*;

$\Phi_v$  is the luminous flux [lm] \*\*;

$\Phi_e$  is the radiant flux [W] \*\*;

$\Phi_{e,\lambda}$  is the spectral radiant flux;

$v(\lambda)$  is the spectral luminous efficacy.

\*\* : for the full spectrum of the optical event, e.g. the arc-fault.

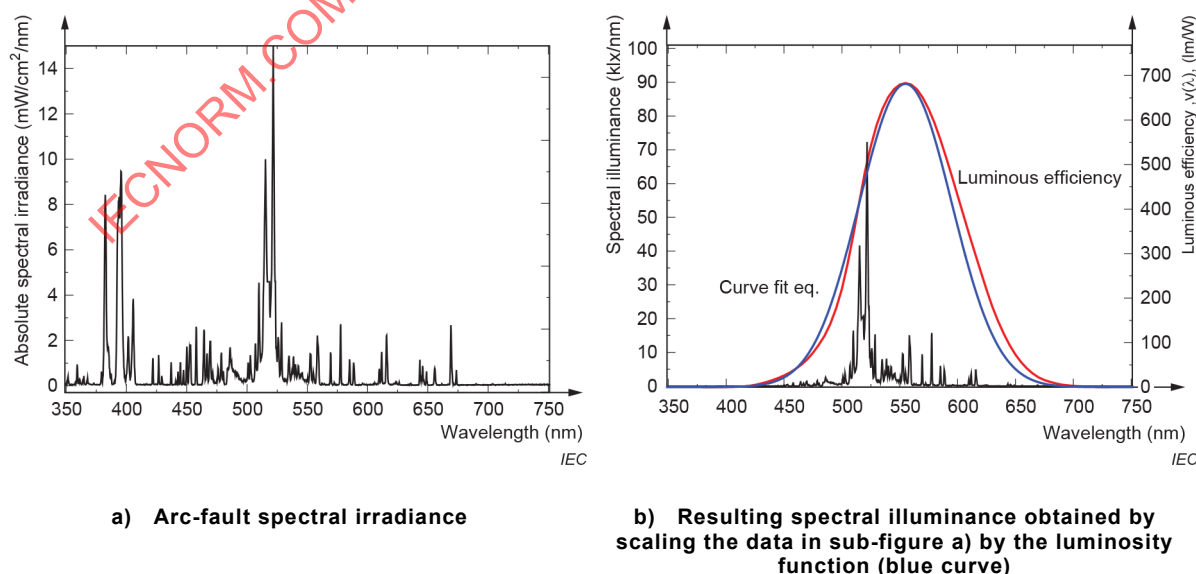
The calculation can be done by a numerical integration as follows:

- Step 1 discretize the measured spectrum to 1 nm \* wide band  
 → X W at Y nm, normalized each value so that the sum over all wavelengths equals 1 e.g. 1 W or 100 %.  
 \*: or any other reasonable bandwidth, e.g. 5 nm.
- Step 2 for each band: multiply the (Watt) value with the respective (lumen/Watt) value from the  $v(\lambda)$  curve  
 → X lm at Y nm.
- Step 3 sum up all lumen values → lm.

### D.2.3.3 Case 3: internal arc-fault

The light from the arc is generated because the arc is a plasma, which consists of a high temperature gaseous mixture of particles consisting of electrons, positive and negatively charged ions, and atoms. The amount (ionization level) of these particles determine the radiation intensity (brightness) and the particle energy levels determine the spectral "fingerprint" or characteristic wavelength produced by the arc. The intensity is highly dependent on many factors including the arc power. The spectral "fingerprint" (or colour) depends on the materials being vaporized by the arc. When materials such as copper bus bars are vaporized by the high temperature of the electric arc, a unique spectral "fingerprint" is produced. This "fingerprint" is unique to the material and can be used to identify that material.

Figure D.2 a) and Figure D.2 b) show an example of the absolute spectral irradiance of a 5 kA RMS 60 Hz arc. Busbars, separated by 7 cm, were used with a copper ignition wire across the busbars to initiate an arc. The peaks were produced by photon emission from electron transitions in the copper and air molecules during the vaporization of the ignition wire.

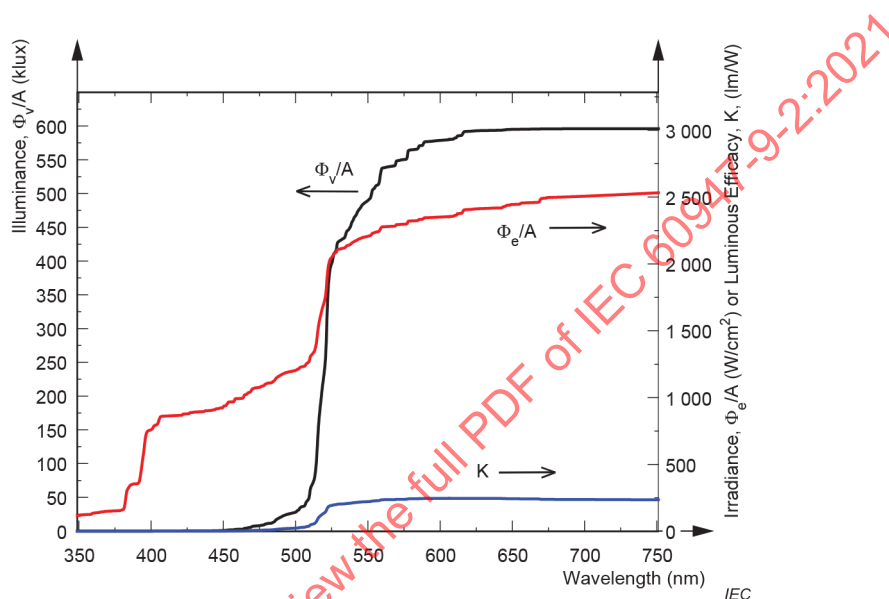


NOTE The red curve in subfigure b) is the actual CIE luminosity curve, and the blue curve is a simplified version.

**Figure D.2 – Example of a measured absolute irradiance spectrum from an arc formed across two copper busbars at 5 kA (RMS) 60 Hz**

Figure D.3 shows the resulting integrals of the absolute spectral irradiance (Figure D.2 a)) and the spectral illuminance (Figure D.2 b)). By applying Equation (D.2) to these results, the luminous efficiency for the arc-fault in this example was 246 lm/W emitting 596 000 lx at the peak power generated during the arc-fault. As a point of reference, very bright sunlight is about 120 000 lx.

Using a luxmeter to measure the intensity of an arc-fault does not measure the entire spectrum of the arc and can underestimate the total power of the arcing event. While luxmeters are a convenient method for measuring visible light, IACDs may be sensitive to wavelengths outside the visible region. One shall be aware of the optical response characteristics of an IACD, especially if the detector is sensitive to wavelengths outside of the visible range, and limitations of equipment intended only for visual measurements.



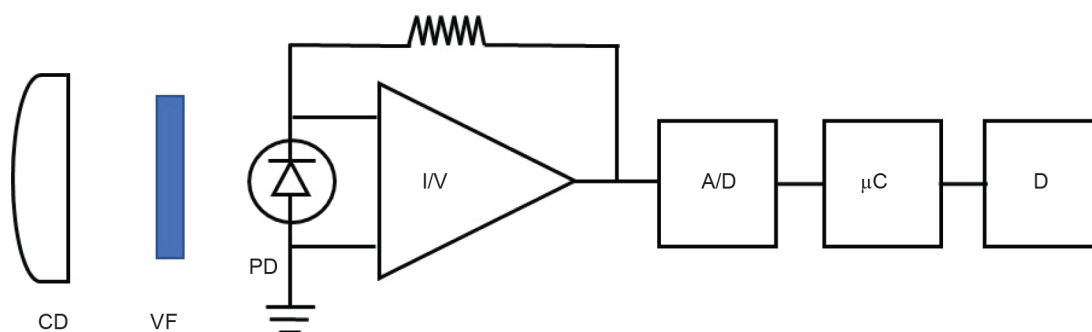
NOTE Applying Equation (D.3) produces curve K (the luminous efficacy) with a peak value of 246 lm/W for this example.

**Figure D.3 – Resulting integrals of the illuminance,  $\Phi_v$ , and irradiance,  $\Phi_e$ , produced from the measured arc data taken from Figure D.2**

## D.3 Light measurement

### D.3.1 Use of a luxmeter

Luxmeters quantify the brightness of a lit surface by measuring luminous flux per unit of area. The instruments shall have the same sensitivity as the human eye for each light wavelength, and they shall perform cosine correction for the angular incidence of light. The luxmeter's light sensor consists of a photodiode that converts the light into an electrical signal, an optical filter that ensures similar sensitivity as the human eye, and a diffusing globe that facilitates cosine correction. The meter displays a single numeric value of the integrated light intensity in lux (see Figure D.4).



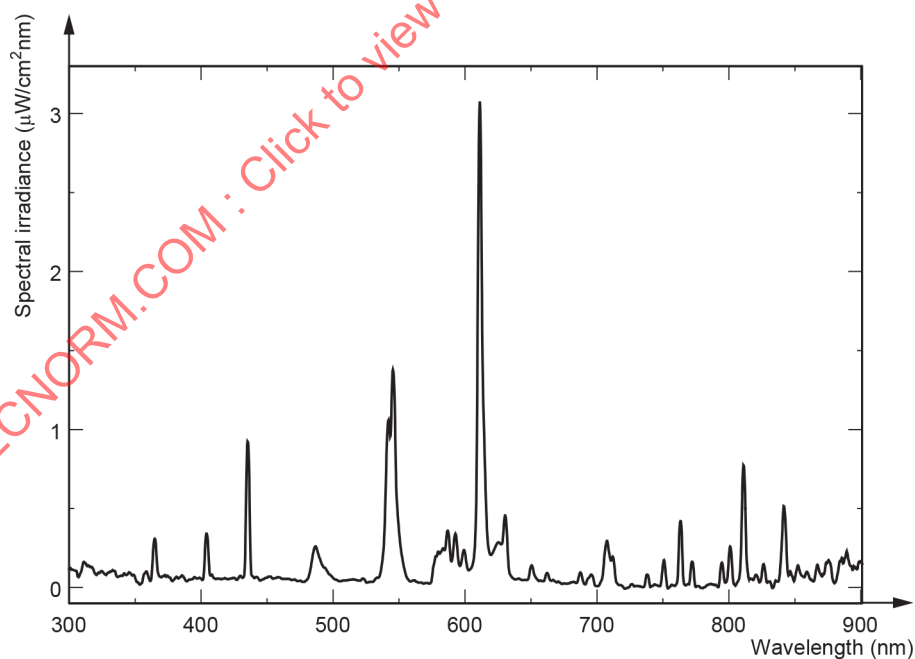
IEC

**Key**

|         |                              |
|---------|------------------------------|
| CD      | cosine diffuser              |
| VF      | $v(\lambda)$ filter          |
| PD      | photodiode                   |
| I/V     | transimpedance amplifier     |
| A/D     | analog-to-digital conversion |
| $\mu$ C | microcontroller              |
| D       | display                      |

**Figure D.4 – Block diagram of typical luxmeter circuit****D.3.2 Use of a spectrometer**

Spectrometers are optical instruments used to characterize the light intensity as a function of wavelength and are used, for example, to produce the graph shown in Figure D.5.



IEC

**Figure D.5 – Example of spectral irradiance measurement from a compact fluorescent light**

Every spectrometer has what is called an "instrument response function", or *IRF*. The IRF refers to how much the spectrometer responds to light across its wavelength range. This response is far from constant: a spectrometer will produce a different signal response or number of counts produced for a fixed number of photons striking the sensor (e.g. charged couple device) at every pixel. Measured spectra shall be scaled by the response curve to obtain an accurate intensity level of the radiation.

The IRF is non-uniform because of the cumulative effects of optical inefficiencies in the light path. These include, but are not limited to:

- attenuation of light in an optical fibre or lenses;
- absorbance of light by the mirrors (which varies with wavelength);
- grating efficiency (varies with wavelength);
- detector response.

NOTE A Charge Coupled Device (CCD) is more responsive to some wavelengths than others.

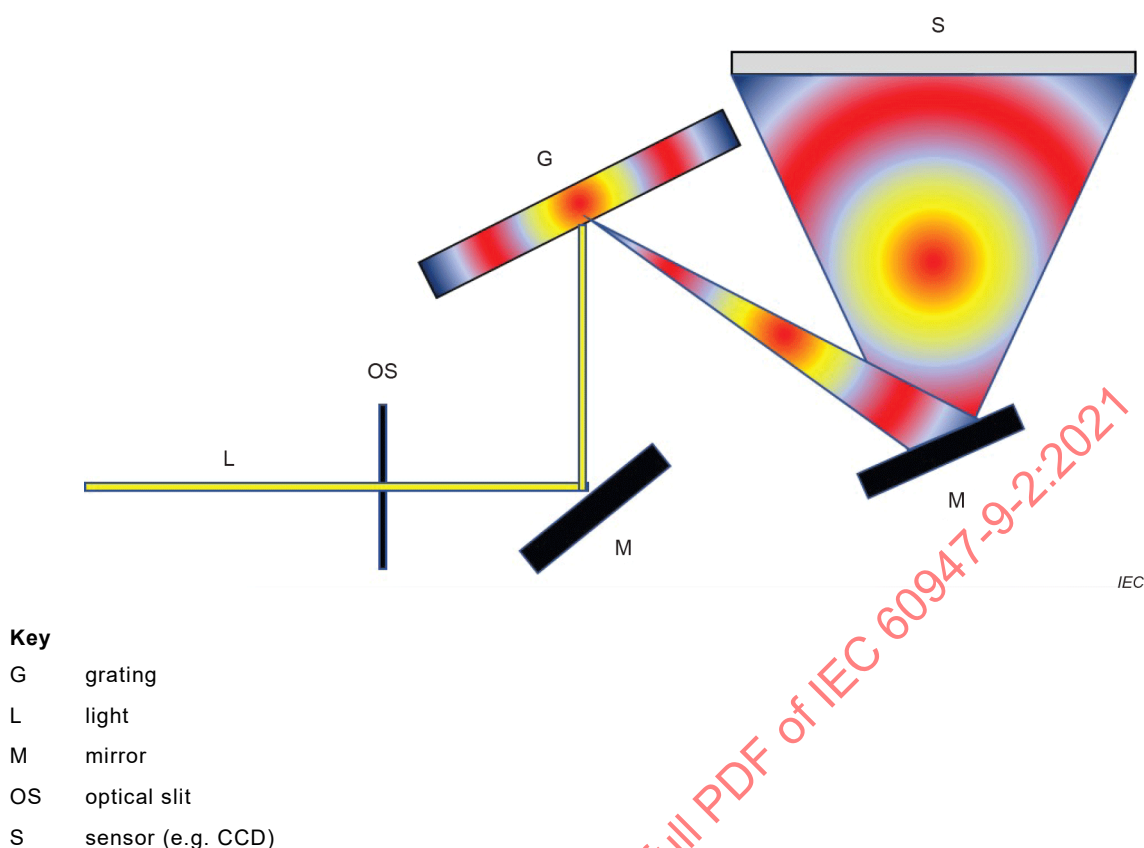
The IRF of the spectrometer is compensated for by using relative or absolute irradiance calibration methods.

### **D.3.3 Spectrometer operation**

The basic function of a spectrometer is to take in light, break it into its spectral components, digitize the signal as a function of wavelength, and read it out and display it through an HMI. The first step in this process is to direct light through an optical fibre into the spectrometer through a narrow aperture known as an entrance slit. The slit controls the incident angle of the light as it enters the spectrometer and thus controls throughput and resolution.

In most spectrometers, the light is then collimated by a concave mirror and directed onto a grating (see Figure D.6). The grating then disperses the spectral components of the light at slightly varying angles, which is then focused by a second concave mirror and imaged onto the detector.





**Figure D.6 – Basic components of a spectrometer**

Once the light is imaged onto the detector, the photons are converted into electrons using a CCD array, which are then digitized and read out through an USB (or any serial port) to a computer. The software then interpolates the signal based on the number of pixels in the detector and the linear dispersion of the diffraction grating to create a calibration that enables the data to be plotted as a function of wavelength over the given spectral range. This data can then be used and manipulated for various spectroscopic applications such as measuring irradiance in W/m<sup>2</sup> for each wavelength interval.

Thus, a luxmeter provides a single integrated value of the light intensity over a certain limited spectral wavelength, scaled by a certain response function whereas the spectrometer is calibrated to measure the actual light intensity over a broad wavelength spectrum and provide the light intensity as a function of wavelength.

#### D.3.4 Calibration

The relative irradiance is a method to measure a light relative to a known light source. The relative irradiance uses a light source of a known colour temperature to correctly scale the shape of the measurement but does not provide a quantitative measure of the magnitude, but rather a relative scale. In practice, a tungsten-halogen lamp is often used as a surrogate for a blackbody source as shown in Figure D.7. The relative irradiance, often quoted in arbitrary units, can be determined using the following equation:

$$I_{T,\lambda} = W G_{T,\lambda} \frac{(X_{\lambda} - K_{\lambda})}{(R_{\lambda} - K_{\lambda})} \quad (\text{D.3})$$

where

$I_{T,\lambda}$  is the relative irradiance at wavelength  $\lambda$  and colour temperature  $T$  (K);

$X_\lambda$  is the measured signal at wavelength  $\lambda$ ;

$R_\lambda$  is the reference spectrum at wavelength  $\lambda$ ;

$K_\lambda$  is the dark spectrum at wavelength  $\lambda$ ;

$\Omega$  is the normalization value (see Equation (D.6));

$G_{T,\lambda}$  is the blackbody radiator emission at wavelength  $\lambda$  and colour temperature  $T$  (K).

From Planck's law:

$$G_{T,\lambda} = \frac{2hc^2}{\lambda^5 (e^{hc/\lambda kT} - 1)} \quad (D.4)$$

where

$\lambda$  is the wavelength in m;

$h$  is the Planck's constant ( $6,626 \times 10^{-34}$  J.s);

$T$  is the temperature of blackbody in Kelvin;

$k$  is the Boltzmann's constant ( $1,38 \times 10^{-23}$  J/K);

$c$  is the speed of light ( $3 \times 10^8$  m/s);

$e$  is the base of the natural log (2,718).

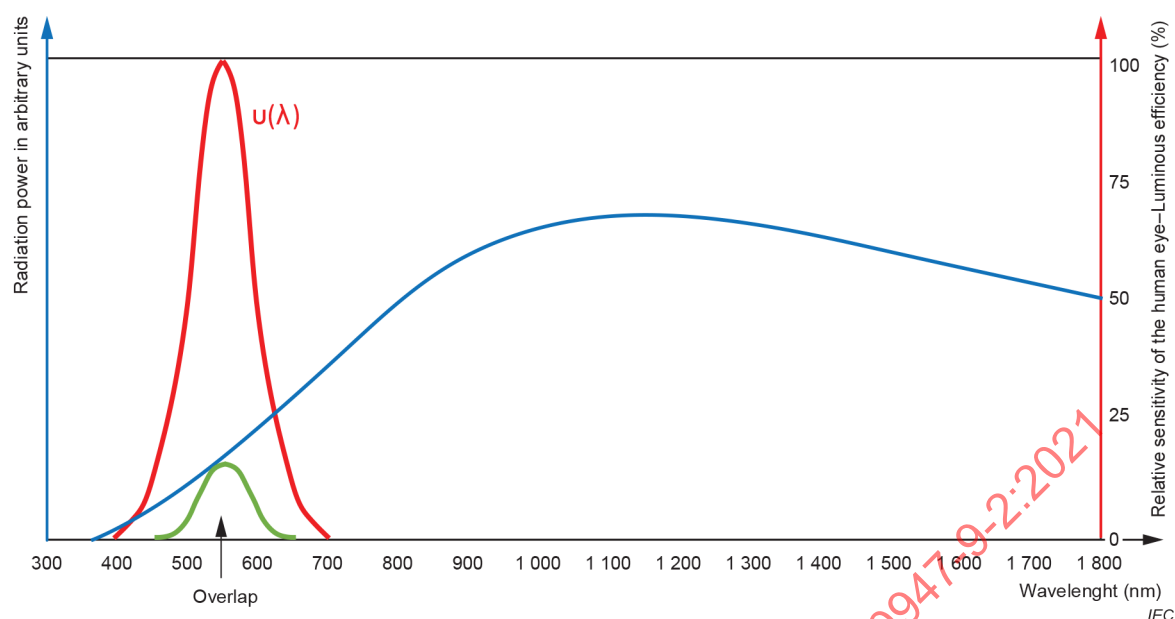
Equation (D.3) can be normalized using the Wien displacement law to determine the wavelength at which the maximum output will occur for a given colour temperature by the following equations:

$$\lambda_{\max} = \frac{2898}{T} \quad (D.5)$$

$$\Omega = \frac{100}{G_{T,\lambda_{\max}}} \quad (D.6)$$

where  $\lambda_{\max}$  (μm) is the maximum wavelength for a given blackbody colour temperature at a temperature  $T$  (K).

With the calibration light source turned off and the ambient light minimized, the dark spectrum,  $K_\lambda$ , can be measured. Next, the reference spectrum,  $R_\lambda$ , can be measured using the blackbody light source (e.g. tungsten-halogen lamp).



#### Key

- $u(\lambda)$  curve and associated y-units
- emission curve and associated y-units

**Figure D.7 – Calculated emission of a Planck's emitter at 2 500 K,  $u(\lambda)$  curve and resulting overlap**

### D.3.5 Absolute irradiance calibration

An absolute irradiance calibration is performed, on a spectrometer using a CCD array as a detector, typically using either a quartz tungsten-halogen (QTH) lamp or a deuterium light source as a reference. These lamps are used because they produce a smooth radiation curve over the desired wavelength without any sharp spikes. They are a calibrated standard, traceable to the National Institute of Standards and Technology (NIST) or other recognized standards laboratories.

Setting up a calibrated lamp at a known distance from the detector being calibrated will produce a known irradiance at the detector entrance slit. The detector can be scanned across its desired wavelength range and detector output compared to the expected irradiance produced from the calibrated lamp. This comparison can then be used to calibrate the detector on an absolute basis (in terms of microwatt per square centimeter per nanometer) at every pixel. This corrects the shape and magnitude of the spectrum, and the resulting spectrum.

It is best to have a certified calibration laboratory to calibrate a spectrometer or any light measuring instrument.

### D.3.6 Luxmeter operation

Luxmeters measure the brightness of a lit surface by measuring luminous flux per unit of area. The instrument has the same sensitivity as the human eye for the visible spectrum, and they perform cosine correction for the angular incidence of light. The luxmeter's light sensor consists of a photodiode that converts light into an electrical signal, an optical filter that ensures the same sensitivity as the human eye, and a diffusing globe that facilitates cosine correction.

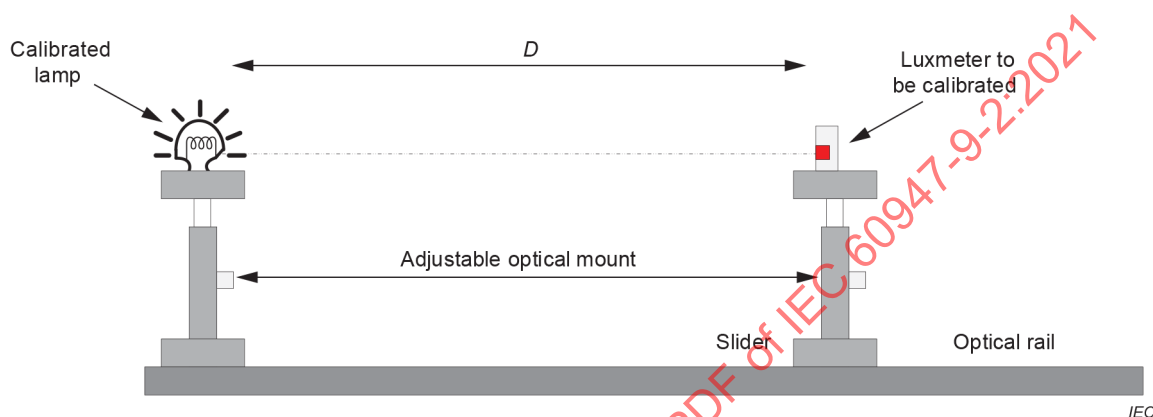
The use of a luxmeter capable of meeting (at a minimum) the following specifications is required:

- spectral response CIE photopic (CIE human eye response curve);

- spectral accuracy CIE  $V$  function ( $f_1 < 6 \%$ );
- measurement repeatability  $\pm 2 \%$ ;
- temperature coefficient  $\pm 0,1 \%$  per  $^{\circ}\text{C}$ ;
- transient response  $< 50 \mu\text{s}$  (required for dynamic measurements (e.g. photoflash and arcing)).

### D.3.7 Luxmeter calibration

The calibration method consists in comparing the value of a calibrated lamp with the value displayed on the luxmeter which shall be calibrated. Figure D.8 illustrates the bench used for calibration.



**Figure D.8 – Calibration bench for luxmeters**

The required calibration bench essentially consists of:

- a calibrated lamp of known luminous intensity  $I_L$ ;
- the luxmeter that will be calibrated.

The lamp provides an illumination which can be adjusted by the distance  $D$  separating the lamp from the luxmeter and which is spatially uniform on the receptive surface of the luxmeter.

The operator assembles the calibrated lamp on one end of the bench. The luxmeter is fixed on a moveable base that can be run along the metallic rail (slider). The operator notes the distance  $D$  that separates the lamp from the luxmeter along with the illumination value  $E$  displayed by the luxmeter. The variation of the illumination level is obtained from the variation of distance  $D$ . Repeat the operation five times to obtain an average distance  $D$  for the desired illuminance (i.e. 2 000 lx).

The reference illumination  $E$  (see Equation (D.7)) is determined applying the inverse square law. For a source of intensity  $I_L$  situated at a distance  $D$  from the luxmeter:

$$E \propto \frac{I_L}{D^2} \quad (\text{D.7})$$

Calibration should be performed to  $\pm 2 \%$  accuracy over the expected range of use.

Most luxmeters are not capable of measuring high current arcing, since most meters are limited to less than 400 000 lx. Also, the transient response of most luxmeters is not known. A high-power strobe (i.e. photoflash) will be necessary to obtain desired transient response and lux values necessary for calibrating at the highest lux levels.

### D.3.8 Luxmeter to spectrometer comparison

A spectrometer enables the spectral decomposition of optical radiation. The term "spectral radiometer" is used if an absolute calibration is performed on a spectrometer.

In general, a spectroradiometer decomposes the impinging light into its spectral components and detects them independently, e.g. using a CCD array or a scanning monochromator. In comparison, an integral detector, such as a luxmeter, only interprets a signal in terms of its intensity according to its own spectral sensitivity – spectral information is lost.

Lux (lx) is the SI derived unit of illuminance measuring luminous flux per unit area. It is equal to one lumen per square meter (see Table D.1). In photometry, this is used as a measure of the intensity, as perceived by the human eye, of light that hits or passes through a surface. It is analogous to the radiometric unit Watt per square meter, but with the power at each wavelength weighted according to the luminosity function, a standardized model of human visual brightness perception.

A luxmeter is used to measure the illuminance as perceived by the human eye response. To better correlate luxmeters to the human perception of light, they are configured to the CIE standard illuminant A. This adjusts the light meter to expect light distributed over wavelengths of a tungsten-filament light.

One way to understand how light is measured is by picturing the typical light from a lamp with a filament that heats up, producing incandescent light. The filament is the source of the light and is at the center of a sphere with light being emitted in every direction. The total amount of energy of all the light produced is known as the "luminous flux". The base unit of luminous intensity is the candela (a single lit candle gives off roughly one candela). One candela per steradian (an area in a cone shape starting from the source of light) is known as a lumen. When we measure light, we are interested in how many lumens fall on a surface; this is what we know as lux. One lux is one lumen per square meter.

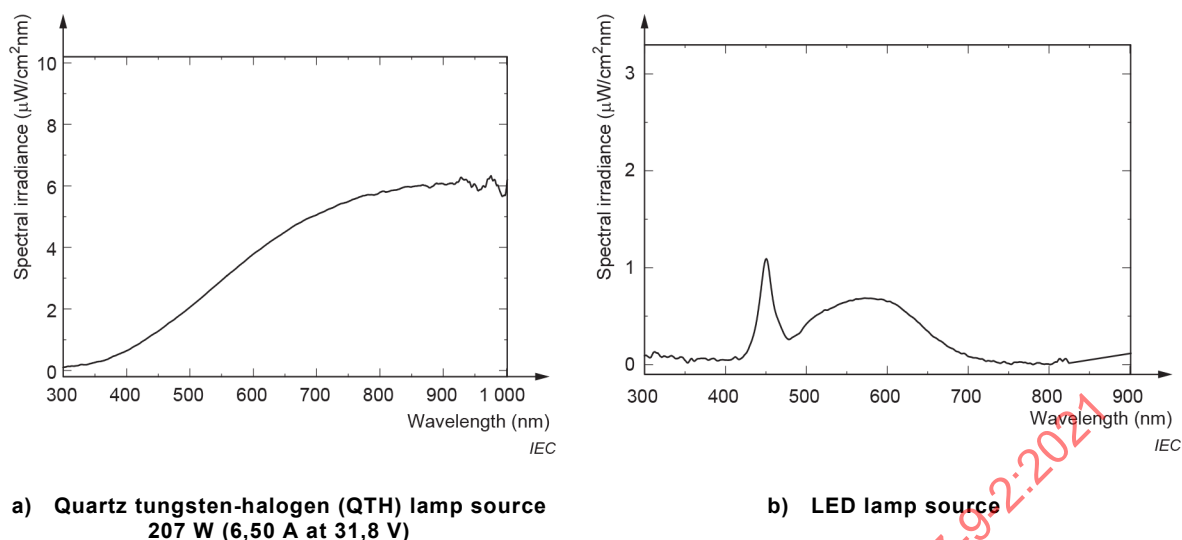
**EXAMPLE** We have a light source whose total light produced (luminous flux) is 1 000 lumen. If we could focus this onto the surface of 1 square meter, we would have an illuminance of 1 000 lx. However, if the same light was spread out over 10 square meters, we would only have an illuminance of 100 lx.

## D.4 Measuring the sensitivity and bandwidth of the optical sensors of an IACD

Typically, IACDs have two types of optical sensors, either point-sensors or optical fibre sensors. The point-sensor typically consists of a silicon photodiode possibly with a cosine corrector to increase the acceptance angle of light and possibly a filter for selecting the wavelength of light that strikes the photodiode.

The optical fibre sensor generally consists of a bare optical fibre of some length, that may be extended and wrapped around power conductors that it is intended to protect or along the switchgear enclosure or other equipment inside the switchgear enclosure. It can be made from a material that selectively filters light or it can be used as a photo-excited material that emits a specific wavelength of light when excited by a certain wavelength of light.

For both sensor types, a broadband spectral light source(s) shall be used to fully test the sensitivity and bandwidth characteristics spanning the deep UV to IR range are necessary since it is not known what type of sensor or sensing technology is used for all possible IACD systems produced from all manufacturers. The arc from an arc-fault is a broadband light source with spectral peaks at certain wavelengths over the deep UV to IR region as seen from the example given in Figure D.2 a), a single non-arc light source generally does not contain sufficient intensity over the desired wavelength region. Figure D.9 a) and Figure D.9 b) illustrate this lack of intensity, especially in the UV range. Also, the different shape of the irradiance curves is apparent when comparing the quartz tungsten-halogen lamp (QTH) and a white light emitting diode (LED) lamp to the electrical arcing fault of Figure D.2 a). The arc contains very strong spectral peaks near the 375 nm wavelength where both the QTH and LED light sources have very low intensities near this wavelength and all have different spectral shapes and intensities.

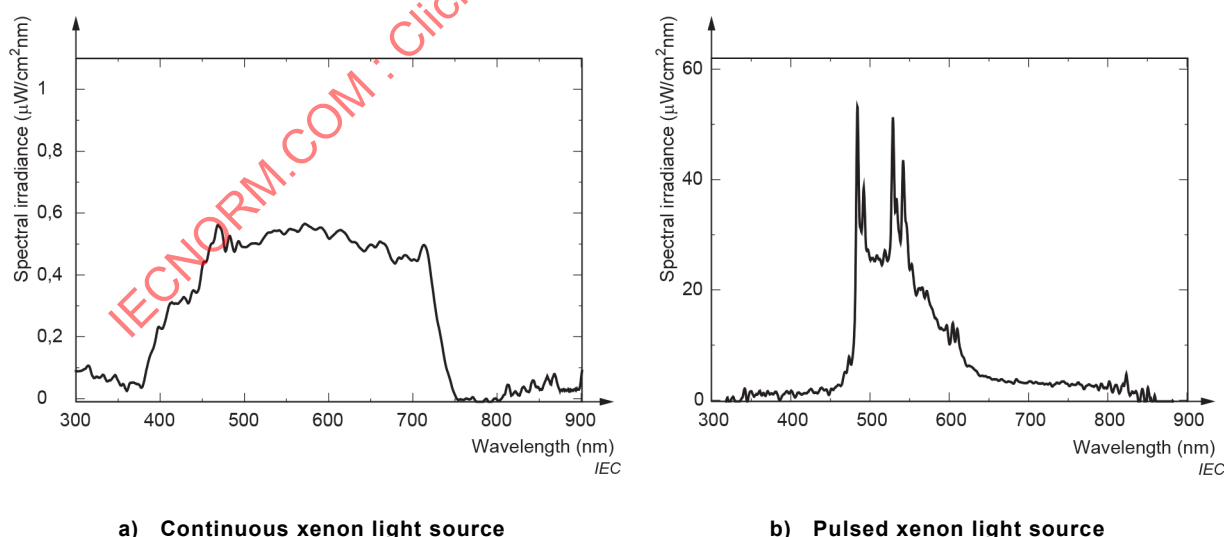


NOTE Photometric value measured is 2 343 lx from QTH at 50 cm.

**Figure D.9 – Examples of spectral irradiance measured at 50 cm distance between spectrometer and light source**

Also, the challenge is getting a high enough light intensity to trigger the IACD when using a continuous light source, such as a continuous xenon light source (see example shown in Figure D.10 a)).

One solution to get more light intensity would be to use a pulsed xenon light source (e.g. camera photoflash) as a convenient light source of high intensity such as a photoflash with illuminance levels as seen in Figure D.10 b). This could be similar intensity levels as an arc but will have a very different spectral signature and do not fully represent the response of a detector to an arc-fault.



An example of pulsed light source is a camera photoflash.

**Figure D.10 – Spectral irradiance examples comparing a continuous xenon light source to a pulsed xenon light source**

## Annex E (normative)

### Ambient light immunity tests

#### E.1 General

The immunity to ambient light is of major interest to users because effects of unexpected operation can be dramatic. Therefore, a minimum immunity level of 2 000 lx can be stated, which is relevant regarding Table E.1.

**Table E.1 – Minimum ambient light values regarding specific workplaces**

| Ambient light condition                                                                                                                                                                                                                                                                      | Photometric value (illuminance) |                          |                                 |                                                               |                      |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|--------------------------|---------------------------------|---------------------------------------------------------------|----------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                              | lx                              |                          |                                 |                                                               |                      |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Russia<br>(GOST R 55710-2013)   | China<br>(GB 50034-2013) | EU<br>(EN 12464-1:2011 indoors) | IES/ANSI<br>North America<br>(NA) [1] <sup>3</sup> [2]<br>[3] | Korea<br>(KS A 3011) |
| Warehouse                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 100 to 300                      | 5 to 200                 | -                               | 25 to 600                                                     | 30 to 300            |
| Mechanical/<br>Electrical room                                                                                                                                                                                                                                                               | 200 to 750                      | 200 to 750               | 200 (Table 5.3, 5.3.1)          | 150 to 600                                                    | 150 to 600           |
| Control room                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 500                             | 200 to 500               | 500 (Table 5.20, 5.20.5)        | 75 to 600                                                     | 300 to 600           |
| Office                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 300 to 750                      | 300                      | 500 (Table 5.26, 5.26.2)        | 75 to 1 000                                                   | 300 to 600           |
| Supermarket                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 300 to 500                      | 250 to 750               | -                               | 100 to 1 000                                                  | 300 to 1 500         |
| NOTE Other reference illuminance values for natural outdoor lightning, at 90° solar altitude for horizontal surfaces are as follows (see [4]):<br>– overcast sky 16 000 lx;<br>– sky partly cloudy 45 000 lx;<br>– direct sunlight partly cloudy 60 000 lx;<br>– direct sunlight 114 000 lx. |                                 |                          |                                 |                                                               |                      |

Annex E requires the use of tungsten-halogen lamp source, because it has a consistent well-defined spectral output for a given lamp. When the lamp ratings are given, tests can be easily replicated by various laboratories across the world, ensuring consistent results.

NOTE 1  $E_v = \frac{P \eta}{A_s}$  where  $A_s = 4\pi r^2$ ,  $r = D$  (Figure D.8),  $P$  is the electrical power to lamp (W), and  $\eta$  is the efficacy (lm/W).

The conversion from lux ( $E_v$ ) to mW/m<sup>2</sup> assumes a tungsten light source with a luminous efficacy of  $\eta = 20$  lm/W. These equations can be used to determine the tungsten lamp wattage necessary to obtain the 2 000 lx level required for the ambient light immunity test. The actual value may vary depending on the type of light source (typically  $\eta = 8$  lm/W to 24 lm/W but many optical calibration lamps have efficacy values up to 36 lm/W) [5].

<sup>3</sup> Numbers in square brackets refer to the bibliography.

The manufacturer's specified current and voltage values for the light source shall be used to obtain stated lumens. Use the lamp manufacturer's stated lumens and power ratings to obtain efficacy  $\eta$  in the equation in NOTE 1 above. A rated wattage tungsten-halogen lamp is required to achieve maximum stated irradiance at specified distance.  $P$  is the wattage of lamp and  $A_s$  is the surface area of sphere at a distance  $r$ . For a quartz tungsten-halogen lamp to obtain  $E_v = 2\,000\text{ lx}$ , a lamp of wattage  $P = 200\text{ W}$  would be needed at  $r = 50\text{ cm}$  distance with a lamp having an efficacy  $\eta \approx 31\text{ lm/W}$ . So, if a lower wattage lamp is used, adjust distance  $r$  ( $D$  in Figure D.8) to obtain the required lux value as determined by the luxmeter reading.

NOTE 2 Even though not covered by this document, the proposed test method can be applied to various light sources other than tungsten-halogen (e.g. fluorescent, LED, sodium, metal halide). However, such lamp types are not well-defined and can be inconsistent when comparing results even in the same test laboratory.

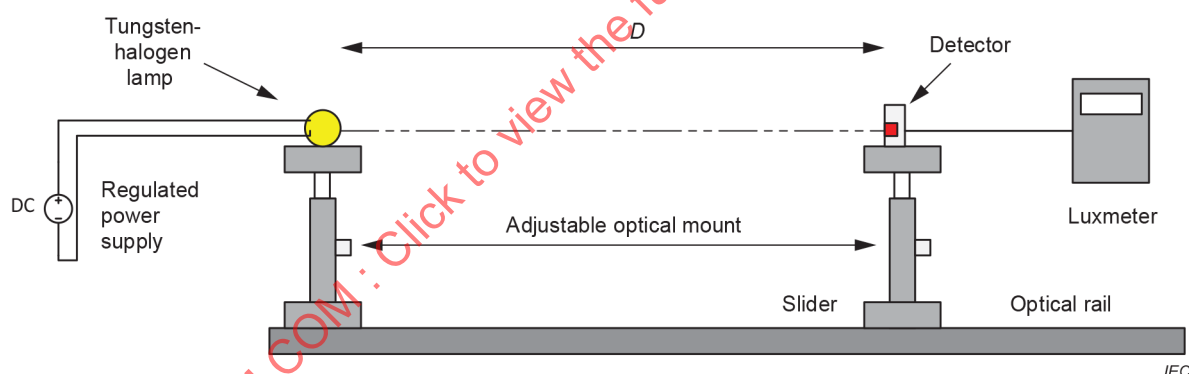
## E.2 Test method

### E.2.1 Principle

The proposed method to determine the ambient light immunity for the IACD is based on the use of a calibrated detector rather than a calibrated light source (i.e. the light source used for the test shall not be calibrated, but the light-measurement instrument shall be).

The light source, intended to illuminate, and the calibrated reference detector (i.e. the optical sensor associated with a light-measurement instrument), are fitted on an optical rail for horizontal alignment (see Figure E.1).

In a second step, the detector is replaced with the optical sensor of the IACD under test.



NOTE 1 The initial value for  $D$  is 500 mm. The maximum value expected is less than 1 000 mm.

NOTE 2 The optical rail is installed in an ambient-light controlled zone (see E.2.3).

**Figure E.1 – Calibrating the system for 2 000 lx**

### E.2.2 IACD installation and setup

The IACD shall be installed in accordance with the manufacturer's instructions with a single point-sensor or optical fibre sensor, when possible. Alternatively, all other fibres or sensors shall be made immune to ambient light.

Fitting in a cubicle is not mandatory.

When different output types are present, each type shall be tested, and the test shall be repeated.

When different types of optical sensors can be used, the test shall be repeated for each type.



When the IACD has an adjustment of the sensitivity, it shall be set at the maximum value (i.e. its highest sensitivity).

As light-immunity tests are not intended to verify any dynamic performances, the following setup of the IACD is acceptable:

- auxiliary power supply (if any) supplied at any convenient rated voltage;
- one optical sensor input tested at random;
- one optical sensor selected at random;
- one secondary CT (when relevant);
- one "operate" output of any type selected at random, when relevant;
- simulation of primary current;
- mains voltage not specified (for combined-type IACD).

NOTE More onerous configurations can be accepted.

### **E.2.3 Environmental conditions**

The optical bench shall be installed in such area that:

- any tripping due to environmental conditions (e.g. lighting) shall be avoided;
- any contribution to the spectra or the intensity measured by an IACD shall be minimized.

Therefore, the ambient light shall be less than 100 lx and no direct lighting of the optical rail is permitted.

### **E.2.4 Requirements for light source**

The light source used for tests shall comply with the following:

- light type: tungsten-halogen;
- power: 200 W (constant power and constant current regulated power supply is recommended);
- rated DC voltage as specified by the manufacturer of the lamp;
- colour temperature: 2 800 K to 3 200 K;
- voltage tolerance across the lamp terminal:  $\pm 5\%$  or as specified by manufacturer of the lamp.

NOTE 1 The adjustment method of the voltage value across the lamp terminal is up to the laboratory.

NOTE 2 The tungsten-halogen light source is used to mimic sunlight. Advantages include smooth spectral response, readily available, low cost, easy to setup and control, broadband from visible to IR.

### **E.2.5 Requirements for luxmeter**

The luxmeter used for measurements shall comply with the following requirements:

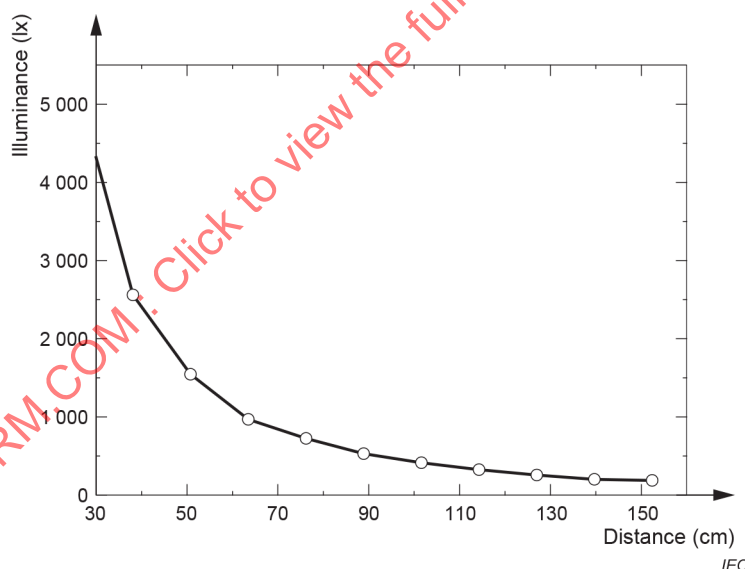
- detachable head (detector);
- able to be calibrated in lx ( $\text{lumen/m}^2$ );
- meet the relevant standards (e.g. JIS C 1609 Class A or B, DIN 5032-7);
- option for securing a detector head to an optical mount;
- measurement accuracy  $\pm 10\%$  or better;
- lux range adequate for desired measurement (1 lx to 1 000 lx or greater);
- 2 854 K (match light) cosine angular corrected per JIS C 1609:2006 and CNS 5119 general A class.

### E.2.6 Calibration and testing method

Step 1: set illumination level to  $2\,000_0^{+400}$  lx using the following procedure:

- setup optical bench (see Figure E.1) using specified lamp source;
- measure and record the ambient light value;
- turn on the lamp DC power source, record the voltage reference value;
- wait 5 min for the thermal stability of the light;
- starting at  $D = 500$  mm, adjust the height and the rotational angle of the light source and the detector until the maximum reading is obtained on the luxmeter. Lock all adjustments;
- slide the fixture holding the detector towards the light source to increase the illuminance or away from the light source to decrease the illuminance to the desired value (i.e.  $2\,000_0^{+400}$  lx);
- insert a shutter or an enclosure (any mean is accepted provided it does not change the light emission characteristic of the light source), keeping the light source powered.

An example of measured illuminance values at various distances between the lamp and luxmeter is shown in Figure E.2 as per the setup shown in Figure E.1. A quartz tungsten-halogen lamp (QTH) was used with a nominal rating of 200 W. Actual values used were 6,50 A at 31,8 V DC resulting in 207 W. These parameters were obtained by using a radiometric regulated power supply in constant current and constant power mode.



Reflections can affect measured results. The luxmeter shall be calibrated for tungsten-halogen light source for accurate readings.

**Figure E.2 – Luxmeter readings for QTH at 207 W (6,50 A at 31,8 V) at various distances between the luxmeter and the light source**

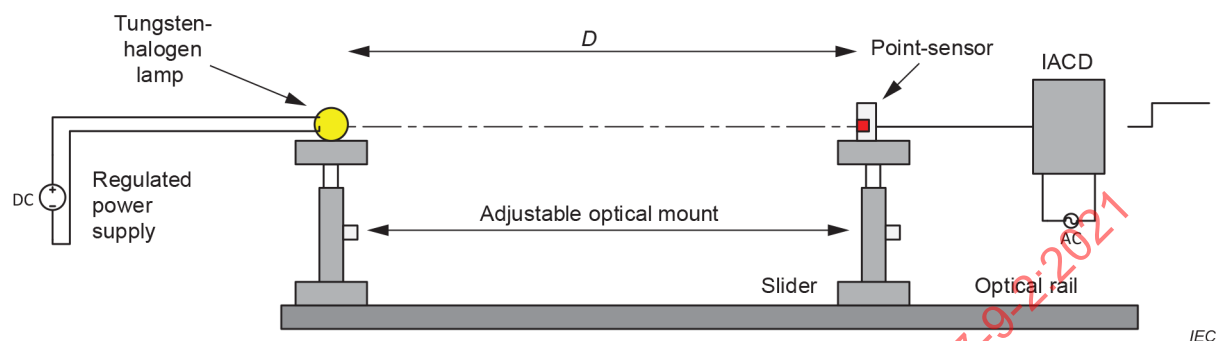
Step 2: test the IACD fitted with point-sensor under the desired illumination:

- replace the luxmeter detector head with the IACD point-sensor as shown in Figure E.3, keeping the active part of point-sensor at the same mechanical position as the detector;
- power on the IACD and check the operation;
- open the shutter (or remove the enclosure) of the light source to illuminate the IACD sensor;

- determine if the IACD triggers at this illuminance level, when subjected to 5 min of illumination;

NOTE 1 "Triggers" is understood as "change-of-state" for combined-type IACD.

- check the IACD by a functional test; when not demonstrated, the test is failed and shall be repeated.



NOTE The shutter (or enclosure) is not displayed.

**Figure E.3 – Test setup for an IACD fitted with point-sensor**

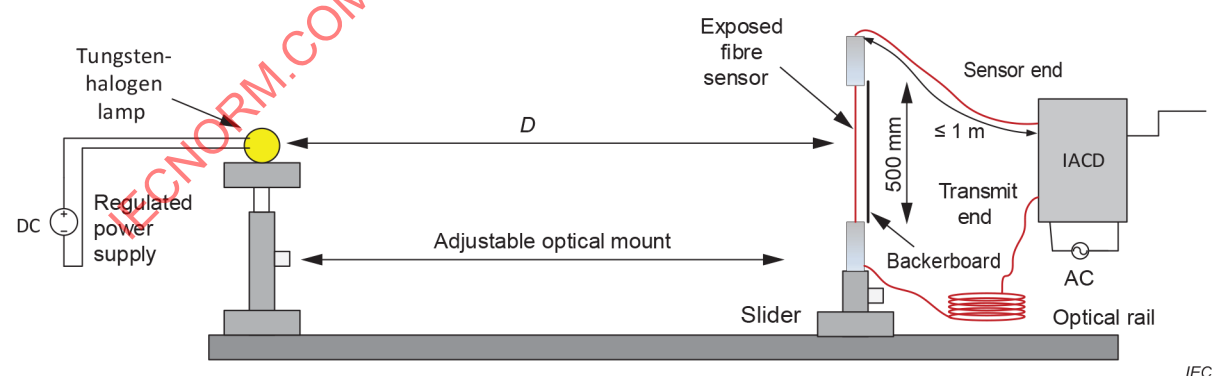
Step 3 (alternative to step 2): test an IACD fitted with optical fibre sensor under the desired illumination:

- replace the luxmeter sensor with the optical fibre sensor as shown in Figure E.4;
- power on the IACD and check the operation;
- open the shutter (or remove the enclosure) of the light source to illuminate the IACD sensor;
- determine if the IACD triggers at this illuminance level;

NOTE 2 "Triggers" is understood as "change-of-state" for combined-type IACD.

- check the IACD by a functional test; when not demonstrated, the test is failed and shall be repeated.

NOTE 3 Step 3 is a representative example for optical fibre sensors due to the low illumination level combined with the low coupling factor of fibre.



NOTE 1 The shutter (or enclosure) is not displayed.

NOTE 2 See Figure A.3 for details for suspending fibre.

— optical fibre sensor

**Figure E.4 – Test setup for an IACD fitted with optical fibre sensor**

### **E.2.7 Test report**

The test report shall include the following essential data:

- settings of the IACD;
- the reference of the point-sensor/optical fibre sensor used;

and, in addition, for each test:

- the illumination level (in lx);
- the ambient light level (in lx);
- the distance  $D$  (in mm);
- the result of the test (passed/failed).

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60947-9-2:2021

## Annex F (informative)

### Items subject to agreement between manufacturer and user

For the purposes of this annex:

- "agreement" is used in a very wide sense (for example, the information given in a manufacturer's documentation is a form of agreement);
- "user" includes testing laboratories.

Annex J of IEC 60947-1:2020 applies, as far as covered by clauses and subclauses of this document, with the following additions:

| Clause or subclause number in this document | Item                                                                 |
|---------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| 9.3.1                                       | Test of auxiliary binary output(s)<br>Order of test sequences        |
| 9.3.3.2, NOTE 3                             | Immunity test at levels upper than 2 000 lx                          |
| 9.3.4.3.3, NOTE 2                           | Definition of functional test sequence                               |
| 9.3.4.4.4, NOTE 1                           | Definition of functional test sequence                               |
| 9.3.9                                       | Definition of functional tests                                       |
| Table A.3                                   | Duration of the arc                                                  |
| A.4                                         | Additional tests when point-sensor with non-uniform light acceptance |
| Table A.5                                   | Maximum point-sensor distance to the arc                             |
| Table A.6                                   | Maximum distance from arc to optical fibre sensor exposed length     |
| B.2.2                                       | Connexion of neutral terminal                                        |
| Table B.2                                   | Duration of the arc (for stand-alone or multifunction type IACD)     |
| C.5.2                                       | Test of IACD not complying with IEC 60947-9-1                        |

## Bibliography

IEC 60050-826:2004, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 826: Electrical installations*

IEC 60079 (all parts), *Explosive atmospheres*

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

IEC 60664-1:2020, *Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 1: Principles, requirements and tests*

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

IEC 61439 (all parts), *Low-voltage switchgear and controlgear assemblies*

IEC TR 61439-0:2013, *Low-voltage switchgear and controlgear assemblies – Part 0: Guidance to specifying assemblies*

IEC 61439-1:2020, *Low-voltage switchgear and controlgear assemblies – Part 1: General rules*

IEC 61439-2:2020, *Low-voltage switchgear and controlgear assemblies – Part 2: Power switchgear and controlgear assemblies*

IEC TR 61641:2014, *Enclosed low-voltage switchgear and controlgear assemblies – Guide for testing under conditions of arcing due to internal fault*

IEC 62474, *Material declaration for products of and for the electrotechnical industry*

IEC 62606, *General requirements for arc fault detection devices*

IEC TS 63107:2020, *Integration of internal arc-fault mitigation systems in power switchgear and controlgear assemblies (PSC-Assemblies) according to IEC 61439-2*

IEC TR 63201, *Low-voltage switchgear and controlgear – Guidance for the development of embedded software*

IEC TS 63208, *Low-voltage switchgear and controlgear – Security aspects*

International Commission on Illumination (CIE) CIE 018:2019, *The Basis of Physical Photometry*

International Commission on Illumination (CIE) CIE 202:2011, *Spectral Responsivity Measurement of Detectors, Radiometers and Photometers*

CNS 5119:1988, *Illuminance meters*

DIN 5032-7, *Photometry, classification of illuminance and luminance measuring equipment*

DIN 5031-7, *Strahlungsphysik im optischen Bereich und Lichttechnik; Benennung der Wellenlängenbereiche* (available in German only)

EN 12464-1:2011, *Light and lighting – Lighting of workplaces – Part 1: Indoor workplaces*

GB 50034-2013, *Standard for lighting design of buildings*

GOST R 55710-2013, *Lighting of indoor workplaces. Norms and methods of measuring*

JIS C 1609-1:2006, *Illuminance meters – Part 1: General measuring instruments*

NFPA 70E, *National Fire Protection Association, Standard for Electrical Safety in the Workplace*

CSA Z462, *Canadian Standards Association, Workplace electrical safety*

IEEE 1584, *IEEE Guide for Performing Arc-Flash Hazard Calculations (2018)*

KS A 3011, *Korean Standards Association – Recommended levels of illumination*

How bright is the light, *Optical units in optical arc-flash detection relays*, John J. Shea and Lothar Stoll, , 2020

OSA Handbook of Optics, *Volume III Visual Optics and Vision – Chapter for Photometry and Radiometry*

- [1] Recommended Practice for Industrial Lighting Facilities, Illuminating Engineering Society of North America, 120 Wall Street, New York, NY 10005, ANSI/IES RP-7-17, pp.70, 89, 90, 2017
  - [2] American National Standard Practice for Office Lighting, Illuminating Engineering Society of North America, 120 Wall Street, New York, NY 10005, ANSI/IES RP-1-12, p.63, 2012
  - [3] Recommended Practice for Retail Lighting, Illuminating Engineering Society of North America, 120 Wall Street, New York, NY 10005, ANSI/IES RP-2-17, p.97, 2017
  - [4] D.L. DiLaura, K.W. Houser, R.G. Mistrick, and G.R. Steffy, *The Lighting Handbook – Reference and Application, 10th Ed., Illuminating Engineering Society of North America, 120 Wall Street, New York, NY 10005, pp. 7.12, 2011*
  - [5] D.C. Agrawal, H.S. Leff, and V.J. Menon, *Efficiency and efficacy of incandescent lamps, Am. J. Phys.* 64(5), pp. 649-654, May 1996
-

## SOMMAIRE

|                                                                                                               |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| AVANT-PROPOS .....                                                                                            | 91  |
| INTRODUCTION.....                                                                                             | 93  |
| 1 Domaine d'application .....                                                                                 | 95  |
| 2 Références normatives .....                                                                                 | 97  |
| 3 Termes et définitions .....                                                                                 | 98  |
| 4 Classification .....                                                                                        | 101 |
| 4.1 Type d'IACD .....                                                                                         | 101 |
| 4.1.1 IACD de type autonome.....                                                                              | 101 |
| 4.1.2 IACD de type multifonction .....                                                                        | 101 |
| 4.1.3 IACD de type combiné .....                                                                              | 102 |
| 4.2 Combinaison de capteurs.....                                                                              | 103 |
| 4.2.1 Type à capteurs optiques uniquement.....                                                                | 103 |
| 4.2.2 Type à capteurs optiques et à capteurs secondaires.....                                                 | 103 |
| 4.3 Types de sorties binaires .....                                                                           | 103 |
| 4.3.1 Sortie d'actionnement .....                                                                             | 103 |
| 4.3.2 Sortie binaire auxiliaire .....                                                                         | 103 |
| 5 Caractéristiques .....                                                                                      | 103 |
| 5.1 Temps maximal de détection d'un défaut d'arc.....                                                         | 103 |
| 5.2 Temps maximal d'extinction d'un défaut d'arc.....                                                         | 104 |
| 5.3 Valeur minimale de détection du courant de défaut d'arc .....                                             | 104 |
| 5.4 Valeur du courant de court-circuit présumé maximal .....                                                  | 104 |
| 6 Informations sur le produit .....                                                                           | 104 |
| 6.1 Nature des informations .....                                                                             | 104 |
| 6.2 Marquages.....                                                                                            | 104 |
| 6.3 Instructions d'installation, de fonctionnement, de maintenance, de mise hors service et de démontage..... | 106 |
| 7 Conditions normales de service, de montage et de transport .....                                            | 107 |
| 8 Exigences relatives à la construction et au fonctionnement .....                                            | 107 |
| 8.1 Exigences relatives à la construction .....                                                               | 107 |
| 8.1.1 Généralités.....                                                                                        | 107 |
| 8.1.2 Lignes de fuites et distances d'isolement.....                                                          | 107 |
| 8.1.3 Exigences relatives aux matériaux.....                                                                  | 107 |
| 8.2 Exigences relatives au fonctionnement .....                                                               | 108 |
| 8.2.1 Généralités.....                                                                                        | 108 |
| 8.2.2 Conditions de fonctionnement.....                                                                       | 109 |
| 8.2.3 Échauffement .....                                                                                      | 109 |
| 8.3 Compatibilité électromagnétique (CEM) .....                                                               | 109 |
| 9 Essais .....                                                                                                | 109 |
| 9.1 Généralités - Nature des essais .....                                                                     | 109 |
| 9.2 Conformité aux exigences relatives à la construction .....                                                | 109 |
| 9.3 Essais de type .....                                                                                      | 109 |
| 9.3.1 Généralités.....                                                                                        | 109 |
| 9.3.2 Recommandations relatives au choix de l'échantillon.....                                                | 112 |
| 9.3.3 Essais d'immunité à la lumière.....                                                                     | 114 |
| 9.3.4 Essais de détection et d'extinction.....                                                                | 116 |
| 9.3.5 Propriétés diélectriques .....                                                                          | 123 |



|                        |                                                                                |     |
|------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 9.3.6                  | Essai de CEM.....                                                              | 124 |
| 9.3.7                  | Essais d'environnement.....                                                    | 125 |
| 9.3.8                  | Essais d'échauffement.....                                                     | 127 |
| 9.3.9                  | Essais fonctionnels.....                                                       | 127 |
| 9.4                    | Essais individuels de série.....                                               | 127 |
| 9.4.1                  | Généralités.....                                                               | 127 |
| 9.4.2                  | Exigences fonctionnelles.....                                                  | 128 |
| 9.4.3                  | Exigences de sécurité.....                                                     | 128 |
| 10                     | Rapport d'essai.....                                                           | 129 |
| Annexe A (normative)   | Essais de détection sous arcs à basse énergie.....                             | 131 |
| A.1                    | Généralités.....                                                               | 131 |
| A.2                    | Circuit d'essai électrique, électrodes et paramètres de l'arc.....             | 132 |
| A.2.1                  | Circuit d'essai électrique.....                                                | 132 |
| A.2.2                  | Étalonnage du circuit d'essai.....                                             | 132 |
| A.2.3                  | Électrodes.....                                                                | 132 |
| A.2.4                  | Fil d'amorçage.....                                                            | 132 |
| A.2.5                  | Valeurs électriques de l'arc.....                                              | 132 |
| A.2.6                  | Conditions d'environnement.....                                                | 133 |
| A.2.7                  | Conditionnement des objets en essai.....                                       | 133 |
| A.3                    | Préparation et maintenance.....                                                | 134 |
| A.3.1                  | Préparation et conditionnement de l'enceinte d'essai.....                      | 134 |
| A.3.2                  | Entretien et maintenance du matériel d'essai.....                              | 134 |
| A.4                    | Conditionnement et positionnement des capteurs optiques.....                   | 134 |
| A.5                    | Instructions de maintenance de l'IACD pendant la séquence d'essais.....        | 137 |
| Annexe B (normative)   | Essais de détection et d'extinction d'arcs à haute énergie.....                | 138 |
| B.1                    | Généralités.....                                                               | 138 |
| B.2                    | Produit soumis à l'essai, circuit d'essai électrique, paramètres de l'arc..... | 138 |
| B.2.1                  | Produit soumis à l'essai (IACD de type autonome ou multifonction).....         | 138 |
| B.2.2                  | Produit soumis à l'essai (IACD de type combiné).....                           | 139 |
| B.2.3                  | Circuit d'essai électrique.....                                                | 143 |
| B.2.4                  | Configuration de l'IACD.....                                                   | 144 |
| B.2.5                  | Paramètres de l'arc.....                                                       | 144 |
| B.3                    | Conditions d'environnement.....                                                | 145 |
| B.4                    | Conditionnement et positionnement des capteurs optiques.....                   | 145 |
| B.5                    | Instructions de maintenance.....                                               | 147 |
| Annexe C (normative)   | Paramètres du courant d'arc.....                                               | 148 |
| C.1                    | Généralités.....                                                               | 148 |
| C.2                    | Différentes phases d'un arc.....                                               | 148 |
| C.3                    | Détection de l'amorçage d'arc ( $t_0$ ).....                                   | 149 |
| C.4                    | Continuité de l'arc.....                                                       | 151 |
| C.5                    | Détection de l'extinction d'arc.....                                           | 151 |
| C.5.1                  | Généralités.....                                                               | 151 |
| C.5.2                  | Dispositif d'extinction.....                                                   | 151 |
| C.5.3                  | Dispositif par coupure du courant.....                                         | 151 |
| C.6                    | Moyens de mesure.....                                                          | 151 |
| C.7                    | Cohérence des formes d'onde.....                                               | 152 |
| Annexe D (informative) | Mesurages optiques concernant l'IACD.....                                      | 153 |
| D.1                    | Généralités.....                                                               | 153 |

|                        |                                                                                                  |     |
|------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| D.1.1                  | Généralités .....                                                                                | 153 |
| D.1.2                  | Photométrie – Le point de vue de l'apparence .....                                               | 153 |
| D.1.3                  | Radiométrie – Le point de vue technique .....                                                    | 153 |
| D.2                    | Les différentes unités optiques .....                                                            | 154 |
| D.2.1                  | Généralités .....                                                                                | 154 |
| D.2.2                  | La fonction de luminosité .....                                                                  | 154 |
| D.2.3                  | Utilisation de la fonction de luminosité .....                                                   | 155 |
| D.3                    | Mesurage de la lumière .....                                                                     | 158 |
| D.3.1                  | Utilisation d'un luxmètre .....                                                                  | 158 |
| D.3.2                  | Utilisation d'un spectromètre .....                                                              | 158 |
| D.3.3                  | Fonctionnement du spectromètre .....                                                             | 159 |
| D.3.4                  | Étalonnage .....                                                                                 | 160 |
| D.3.5                  | Étalonnage de l'irradiance absolue .....                                                         | 162 |
| D.3.6                  | Fonctionnement du luxmètre .....                                                                 | 162 |
| D.3.7                  | Étalonnage du luxmètre .....                                                                     | 163 |
| D.3.8                  | Comparaison entre les luxmètres et les spectromètres .....                                       | 164 |
| D.4                    | Mesurage de la sensibilité et de la largeur de bande des capteurs optiques d'un IACD .....       | 164 |
| Annexe E (normative)   | Essais d'immunité à la lumière ambiante .....                                                    | 167 |
| E.1                    | Généralités .....                                                                                | 167 |
| E.2                    | Méthode d'essai .....                                                                            | 168 |
| E.2.1                  | Principe .....                                                                                   | 168 |
| E.2.2                  | Installation et configuration de l'IACD .....                                                    | 168 |
| E.2.3                  | Conditions d'environnement .....                                                                 | 169 |
| E.2.4                  | Exigences pour la source lumineuse .....                                                         | 169 |
| E.2.5                  | Exigences pour le luxmètre .....                                                                 | 170 |
| E.2.6                  | Méthode d'étalonnage et d'essai .....                                                            | 170 |
| E.2.7                  | Rapport d'essai .....                                                                            | 172 |
| Annexe F (informative) | Points faisant l'objet d'un accord entre le fabricant et l'utilisateur .....                     | 173 |
| Bibliographie          | .....                                                                                            | 174 |
| Figure 1               | – Schéma IACD optique (type autonome, sans capteur secondaire) .....                             | 95  |
| Figure 2               | – Vue d'ensemble de l'architecture d'un IACD de type autonome .....                              | 101 |
| Figure 3               | – Vue d'ensemble de l'architecture d'un IACD de type multifonction .....                         | 102 |
| Figure 4               | – Vue d'ensemble de l'architecture d'un IACD de type combiné .....                               | 102 |
| Figure 5               | – Architecture (matérielle) d'un IACD de type autonome .....                                     | 112 |
| Figure 6               | – Architecture (matérielle) d'un IACD de type multifonction .....                                | 113 |
| Figure 7               | – Essais de détection sous basse énergie - Principe du montage .....                             | 118 |
| Figure 8               | – Méthode d'essai .....                                                                          | 121 |
| Figure 9               | – Essais de détection et d'extinction sous haute énergie – Principe de montage .....             | 122 |
| Figure A.1             | – Schéma de l'enceinte d'essai d'arc .....                                                       | 131 |
| Figure A.2             | – Principe de positionnement (cas d'essai d'un capteur ponctuel) .....                           | 135 |
| Figure A.3             | – Principe de positionnement (cas d'essai de la fibre optique) .....                             | 137 |
| Figure B.1             | – Principe du montage triphasé bord à bord (type autonome ou multifonction, vue de dessus) ..... | 138 |

|                                                                                                                                                                          |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figure B.2 – Principe du montage triphasé en face à face (type autonome ou multifonction, vue de dessus).....                                                            | 139 |
| Figure B.3 – Principe du montage triphasé bord à bord (type combiné en série, vue de dessus).....                                                                        | 140 |
| Figure B.4 – Principe du montage triphasé en face à face (type combiné en série, vue de dessus).....                                                                     | 141 |
| Figure B.5 – Principe du montage triphasé bord à bord (type combiné en parallèle, vue de dessus).....                                                                    | 142 |
| Figure B.6 – Principe du montage triphasé en face à face (type combiné en parallèle, vue de dessus) .....                                                                | 143 |
| Figure B.7 – Positionnement du capteur optique en fonction de l'arc.....                                                                                                 | 146 |
| Figure C.1 – Détection de l'amorçage d'arc.....                                                                                                                          | 150 |
| Figure C.2 – Exemple d'essai non valable dû à un arc intempestif provoqué par une mauvaise connexion du fil d'amorçage .....                                             | 152 |
| Figure D.1 – Fonction de luminosité (ou courbe $v(\lambda)$ ) décrivant la sensibilité de l'œil humain.....                                                              | 155 |
| Figure D.2 – Exemple de spectre d'irradiance absolue mesuré à partir d'un à partir d'un arc de 5 kA (en valeur efficace), 60 Hz entre deux barres de cuivre .....        | 157 |
| Figure D.3 – Intégrales résultant de l'éclairement, $\Phi_v$ , et de l'irradiance, $\Phi_e$ , produites à partir des données d'arc mesurées tirées de la Figure D.2..... | 157 |
| Figure D.4 – Schéma fonctionnel d'un circuit de luxmètre type.....                                                                                                       | 158 |
| Figure D.5 – Exemple de mesurage de l'irradiance spectrale à partir d'une lumière fluorescente compacte .....                                                            | 159 |
| Figure D.6 – Composants de base d'un spectromètre .....                                                                                                                  | 160 |
| Figure D.7 – Émissions calculées d'un émetteur de Planck à 2 500 K, courbe, $v(\lambda)$ et le chevauchement résultant .....                                             | 162 |
| Figure D.8 – Banc d'étalonnage des luxmètres .....                                                                                                                       | 163 |
| Figure D.9 – Exemples d'irradiance spectrale mesurée à une distance de 50 cm entre spectromètre et source lumineuse .....                                                | 165 |
| Figure D.10 – Exemples d'irradiance spectrale comparant une source lumineuse au xénon permanente à une source lumineuse xénon pulsée.....                                | 166 |
| Figure E.1 – Étalonnage du système pour 2 000 lx .....                                                                                                                   | 168 |
| Figure E.2 – Valeurs lues par le luxmètre pour une lampe QTH à 207 W (6,50 A à 31,8 V) à différentes distances entre le luxmètre et la source lumineuse.....             | 171 |
| Figure E.3 – Montage d'essai pour les IACD équipés d'un capteur ponctuel .....                                                                                           | 171 |
| Figure E.4 – Montage d'essai pour les IACD équipés d'un capteur à fibres optiques .....                                                                                  | 172 |
| Tableau 1 – Marquages et indications pour un IACD <sup>d</sup> .....                                                                                                     | 105 |
| Tableau 2 – Conditions d'essai pour l'essai au fil incandescent .....                                                                                                    | 108 |
| Tableau 3 – Séquences d'essais pour les IACD de type autonome ou multifonction.....                                                                                      | 111 |
| Tableau 4 – Séquences d'essais pour les IACD de type combiné.....                                                                                                        | 111 |
| Tableau 5 – Conditions générales des essais sous haute énergie.....                                                                                                      | 123 |
| Tableau 6 – CEM – Essais d'émission .....                                                                                                                                | 125 |
| Tableau 7 – Paramètres de l'essai de résistance d'isolement.....                                                                                                         | 126 |
| Tableau 8 – Paramètres de l'essai aux vibrations .....                                                                                                                   | 126 |
| Tableau A.1 – Caractéristiques du circuit d'essai .....                                                                                                                  | 132 |
| Tableau A.2 – Spécifications du fil d'amorçage .....                                                                                                                     | 132 |

|                                                                                                 |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tableau A.3 – Paramètres de l'arc .....                                                         | 133 |
| Tableau A.4 – Conditions d'environnement .....                                                  | 133 |
| Tableau A.5 – Valeurs de positionnement des capteurs ponctuels .....                            | 135 |
| Tableau A.6 – Valeurs de positionnement des capteurs à fibres optiques .....                    | 136 |
| Tableau B.1 – Caractéristiques du circuit d'essai .....                                         | 144 |
| Tableau B.2 – Valeurs électriques de l'arc .....                                                | 144 |
| Tableau B.3 – Conditions d'environnement .....                                                  | 145 |
| Tableau B.4 – Valeurs de positionnement des capteurs ponctuels .....                            | 146 |
| Tableau B.5 – Valeurs de positionnement des capteurs à fibres optiques .....                    | 147 |
| Tableau B.6 – Maintenance autorisée .....                                                       | 147 |
| Tableau C.1 – Phases principales d'un défaut d'arc .....                                        | 148 |
| Tableau D.1 – Quelques unités et définitions photométriques et radiométriques .....             | 154 |
| Tableau E.1 – Valeurs minimales de lumière ambiante pour des lieux de travail spécifiques ..... | 167 |

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60947-9-2:2021

## COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

## APPAREILLAGE À BASSE TENSION –

**Partie 9-2: Systèmes actifs de limitation des défauts d'arc –  
Dispositifs optiques de détection et de limitation d'arcs internes**

## AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Électrotechnique 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. À 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.

L'IEC 60947-9-2 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. Il s'agit d'une Norme internationale.

Le texte de cette Norme internationale est issu des documents suivants:

| Projet        | Rapport de vote |
|---------------|-----------------|
| 121A/406/FDIS | 121A/417/RVD    |

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

La langue employée pour l'élaboration de cette Norme internationale est l'anglais.

Ce document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2, il a été développé selon les Directives ISO/IEC, Partie 1 et les Directives ISO/IEC, Supplément IEC, disponibles sous [www.iec.ch/members\\_experts/refdocs](http://www.iec.ch/members_experts/refdocs). Les principaux types de documents développés par l'IEC sont décrits plus en détail sous [www.iec.ch/standardsdev/publications](http://www.iec.ch/standardsdev/publications).

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. À cette date, le document sera

- reconduit,
- supprimé,
- remplacé par une édition révisée, ou
- amendé.

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60947-9-2:2021

## INTRODUCTION

L'appareillage à basse tension, ainsi que les dispositifs complémentaires de protection et de mesure, sont essentiellement installés dans des ensembles conformes à la série IEC 61439 et/ou à d'autres séries, la série IEC 61439 spécifiant des règles et exigences pour les caractéristiques d'interface, les conditions d'emploi, la construction, les performances et la vérification des ensembles.

Le principal objectif de ces normes est de garantir un fonctionnement sûr des ensembles d'appareillage à basse tension dans des conditions d'exploitation normales et anormales, par exemple en cas de surtensions, de courants de surcharge ou de courants de court-circuit.

Le cas d'un défaut d'arc à l'intérieur d'un ensemble à basse tension est pris en considération dans les publications suivantes:

- l'IEC TR 61641, qui spécifie les exigences d'essai pour les ensembles d'appareillage sous défaut d'arc interne;
- l'IEC TR 61439-0:2013, qui identifie, dans son Annexe C, le confinement des défauts d'arc;
- l'IEC TS 63107, qui spécifie les essais permettant de vérifier la bonne intégration des systèmes de limitation de défaut d'arc interne dans les ensembles d'appareillage de puissance (ensembles EAP) conformément à l'IEC 61439-2.

L'apparition d'un arc interne ne peut être complètement exclue, même dans un ensemble de classe I conforme à l'IEC TR 61641. Les défauts d'arc interne sont généralement dus aux causes suivantes:

- matériaux conducteurs oubliés par inadvertance à l'intérieur de l'équipement lors de la fabrication, l'installation ou la maintenance;
- défauts de matériau ou de fabrication;
- contact accidentel avec un conducteur sous tension;
- entrée de petits animaux, par exemple des souris, des serpents, des fourmis, etc.;
- utilisation d'un ensemble non adapté à l'application, qui provoque une surchauffe et, à terme, un défaut d'arc interne;
- conditions anormales d'exploitation (par exemple, présence d'eau, de champignons ou de poussière);
- fonctionnement incorrect; ou,
- manque de maintenance ou maintenance inappropriée (pièces desserrées, peintures, etc.).

La présence d'un arc à l'intérieur d'ensembles sous enveloppe est liée à différents phénomènes physiques. Par exemple, l'énergie d'arc résultant d'un arc développé dans l'air à la pression atmosphérique à l'intérieur de l'enveloppe cause une surpression interne et une surchauffe locale qui provoquent dans l'ensemble des contraintes mécaniques et thermiques. De plus, les matériaux concernés peuvent générer des produits de décomposition à chaud, sous forme de gaz, de métaux ou de vapeurs, qui peuvent s'échapper à l'extérieur de l'enveloppe.

En raison du risque de blessure aux personnes, de dommages et de perte d'alimentation par suite des défauts d'arc interne, il y a une demande croissante de dispositifs de mesure et de limitation des défauts d'arc interne. C'est la raison pour laquelle certaines normes ont été développées pour donner des spécifications comprenant le protocole d'essai et les critères d'acceptation pour les dispositifs correspondants. Les effets des défauts d'arc peuvent être considérablement réduits par des systèmes actifs de limitation des défauts d'arc, associant une détection rapide du défaut d'arc interne et des actions connexes sur les dispositifs de protection contre les courts-circuits et/ou les dispositifs par extinction complémentaires. L'utilisation de tels dispositifs peut donc avoir pour conséquence:

- une réduction de l'énergie incidente/libérée;

- une réduction des interruptions de l'alimentation/de la durée d'indisponibilité (en réduisant le plus possible les dommages aux équipements sous enveloppe, aux appareillages ainsi qu'aux autres dispositifs de mesure et de protection);
- la limitation des effets secondaires à d'autres systèmes, en raison de la compacité élevée et sans cesse croissante des appareils installés.

Le présent document a pour objet de couvrir les appareils et les fonctions destinés à:

- détecter un défaut d'arc interne dans un ensemble par traitement de ses effets optiques, et indiquer par des signaux et déclencher les dispositifs destinés à limiter le défaut d'arc interne, et
- détecter par traitement de ses effets optiques un défaut d'arc interne, et limiter l'impact du défaut d'arc interne par son extinction.

NOTE Même lorsque les deux termes se rapportent à des ensembles dans lesquels un arc se produit entre des conducteurs, le terme "arc-flash" est principalement utilisé dans les normes NFPA 70E, CSA Z462 et IEEE 1584 et décrit généralement les effets de l'exposition directe des travailleurs à l'énergie thermique émise, tandis que le terme "défaut d'arc interne", tel qu'il est utilisé dans le présent document, décrit les phénomènes de flux de gaz chauds pouvant occasionner des dommages corporels aux personnes à proximité du courant d'arc.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60947-9-2:2021



## APPAREILLAGE À BASSE TENSION –

### Partie 9-2: Systèmes actifs de limitation des défauts d'arc – Dispositifs optiques de détection et de limitation d'arcs internes

#### 1 Domaine d'application

Le présent document s'applique aux dispositifs de contrôle de défaut d'arc interne, ci-après désignés IACD, qui sont destinés à:

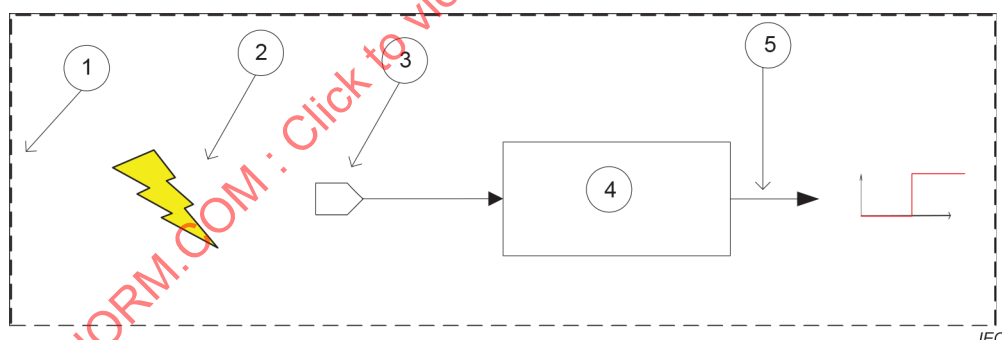
- détecter les défauts d'arc interne dans les ensembles d'appareillage à basse tension, en traitant (a minima) le phénomène optique d'un défaut d'arc interne, et
- faire fonctionner un dispositif de limitation (externe ou combiné)

afin de réduire le plus possible les effets de défaut d'arc interne (voir la Figure 1).

Pour les besoins du présent document, le terme "lumière" ou "optique" couvre plus que les spectres visibles. Ces termes peuvent également couvrir, par exemple, les rayonnements électromagnétiques infrarouges ou ultraviolets (voir l'Annexe D).

Pour les IACD de type combiné, le présent document est pris en considération en complément de la norme de produit applicable aux dispositifs de réduction de défaut d'arc interne (IARD selon l'IEC TS 63107:2020). La conformité à la norme de produit applicable est obligatoire et ne peut pas être seulement déclarée par des essais effectués selon le présent document.

NOTE 1 En général, la série IEC 61439 décrit les ensembles d'appareillage à basse tension.



NOTE Cette figure représente un schéma IACD simplifié avec un seul capteur optique et sans aucun autre moyen de mesure qui peut être utilisé pour la confirmation d'un défaut d'arc, tel que la mesure de courant.

#### Légende

- 1 enveloppe de l'ensemble
- 2 défaut d'arc interne
- 3 capteur optique
- 4 unité de traitement
- 5 sortie de déclenchement utilisée pour faire fonctionner, par exemple, un dispositif de limitation

**Figure 1 – Schéma IACD optique (type autonome, sans capteur secondaire)**

Le présent document couvre donc les dispositifs suivants:

- les dispositifs de contrôle de défaut d'arc interne (autonomes, multifonctions ou combinés);
- un ou plusieurs capteurs associés utilisés pour mesurer le phénomène optique du défaut d'arc interne;
- capteur(s), détectant un autre effet physique, pour confirmer le défaut;
- un dispositif de limitation associé ou combiné.

Un IACD n'est pas destiné à se déclencher en cas de fonctionnement normal d'un appareillage à basse tension (c'est-à-dire en l'absence d'un défaut d'arc interne), y compris en cas d'arc électrique normal associé au fonctionnement des appareils de déconnexion et de connexion.

Le présent document ne couvre que les méthodes suivantes:

- la détection optique de la lumière générée par un défaut d'arc interne;
- la confirmation facultative du défaut d'arc interne par le mesurage du courant de ligne.

De nombreux matériaux conducteurs de nature différente peuvent être utilisés dans les ensembles BT (par exemple, l'acier, le cuivre, l'aluminium). Néanmoins, les essais spécifiés dans le présent document sont considérés comme représentant les conditions les plus défavorables et les plus complexes pour la détection d'arc, et couvrent toutes les combinaisons de matériaux.

NOTE 2 Le cuivre, par rapport à d'autres matériaux (par exemple, l'acier, l'aluminium), génère une énergie de rayonnement optique plus faible.

La tension assignée de l'ensemble dans lequel est installé un IACD ne dépasse pas 1 000 V en courant alternatif.

Ces dispositifs sont conçus pour être utilisés et entretenus par des personnes qualifiées uniquement.

Le présent document ne couvre pas:

- la détection et la limitation des défauts d'arc interne en courant continu;
- les relais de surintensité;
- les dispositifs de détection de défaut d'arc (AFDD) tels que définis par l'IEC 62606;
- les recommandations relatives à l'installation dans les ensembles;

NOTE 3 L'intégration d'un IACD dans un ensemble est décrite dans l'IEC TS 63107.

- l'utilisation avec des mesures supplémentaires nécessaires à l'installation et au fonctionnement dans les atmosphères explosives. Ces dernières sont spécifiées dans les documents de la série IEC 60079;
- les exigences relatives aux règles de conception des logiciels et des micrologiciels intégrés; à ce sujet, le fabricant est responsable de la prise en charge de mesures de sécurité supplémentaires;

NOTE 4 L'IEC TR 63201 décrit les règles de conception des logiciels et des micrologiciels intégrés afin de prévenir les erreurs dans les logiciels.

- les aspects de cybersécurité: à ce sujet, le fabricant est responsable de la prise en charge de mesures de sécurité supplémentaires;

NOTE 5 Voir l'IEC TS 63208.

- les applications mobiles.

NOTE 6 Le présent document, même en ce qui concerne les dispositifs de limitation de défaut d'arc interne, ne remplace aucune autre norme de produit applicable (par exemple, l'IEC 60947-2 ou l'IEC 60947-9-1).

NOTE 7 Les phénomènes de défaut d'arc en courant continu sont à l'étude. Des investigations complémentaires sont nécessaires pour comprendre les phénomènes d'arcs électriques en courant continu et les mesures exigées.

## 2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils 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 60068-2-6:2007, *Essais d'environnement – Partie 2-6: Essais – Essai Fc: Vibrations (sinusoïdales)*

IEC 60068-2-27:2008, *Essais d'environnement – Partie 2-27: Essais – Essai Ea et guide: Chocs*

IEC 60068-2-30:2005, *Essais d'environnement – Partie 2-30: Essais – Essai Db: Essai cyclique de chaleur humide (cycle de 12 h + 12 h)*

IEC 60255-27:2013, *Relais de mesure et dispositifs de protection – Partie 27: Exigences de sécurité*

IEC 60695-2-10, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 2-10: Essais au fil incandescent/chauffant – Appareillage et méthode commune d'essai*

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 60695-2-12, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 2-12: Essais au fil incandescent/chauffant – Méthode d'essai d'indice d'inflammabilité au fil incandescent (GWFI) pour matériaux*

IEC 60715:2017, *Dimensions de l'appareillage à basse tension – Montage normalisé sur profilés-supports pour le support mécanique des appareillages et de leurs accessoires*

IEC 60947-1:2020, *Appareillage à basse tension – Partie 1: Règles générales*

IEC 60947-2:2016, *Appareillage à basse tension – Partie 2: Disjoncteurs*

IEC 60947-2:2016/AMD1:2019

IEC 60947-9-1:2019, *Appareillage à basse tension – Partie 9-1: Systèmes actifs de limitation des défauts d'arc – Dispositifs d'extinction d'arc*

IEC 60990:2016, *Méthodes de mesure du courant de contact et du courant dans le conducteur de protection*

IEC 61482-1-2:2014, *Travaux sous tension – Vêtements de protection contre les dangers thermiques d'un arc électrique – Partie 1-2: Méthodes d'essai – Méthode 2: Détermination de la classe de protection contre l'arc de matériaux et de vêtements au moyen d'un arc dirigé et contraint (enceinte d'essai)*

IEC 61557-2, *Sécurité électrique dans les réseaux de distribution basse tension au plus égale à 1 000 V c.a. et 1 500 V c.c. – Dispositifs de contrôle, de mesure ou de surveillance de mesures de protection – Partie 2: Résistance d'isolement*

CISPR 11:2015, *Appareils industriels, scientifiques et médicaux – Caractéristiques de perturbations radioélectriques – Limites et méthodes de mesure*

CISPR 11:2015/AMD1:2016

CISPR 32:2015, *Compatibilité électromagnétique des équipements multimédia – Exigences d'émission*

ISO 3864-1:2011, *Symboles graphiques – Couleurs de sécurité et signaux de sécurité – Partie 1: Principes de conception pour les signaux de sécurité et les marquages de sécurité*

ISO 3864-2:2016, *Symboles graphiques – Couleurs de sécurité et signaux de sécurité – Partie 2: Principes de conception pour l'étiquetage de sécurité des produits*

### 3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions 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/ui/fr/>

#### 3.1

##### **arc**

circulation de courant dans l'air, se produisant du fait d'un défaut entre des parties actives de potentiels différents et/ou entre des parties actives et d'autres parties conductrices à l'intérieur de l'ensemble

Note 1 à l'article: Ce phénomène s'accompagne (par exemple) d'effets thermiques, magnétiques, rayonnés et luminescents.

[SOURCE: IEC TR 61641:2014, 3.5, modifiée – "court-circuit qui brûle en toute liberté" remplacé par "circulation de courant", nouvelle Note 1 à l'article insérée.]

#### 3.2

##### **défaut d'arc**

##### **défaut d'arc interne**

<ensemble> arc non intentionnel, se produisant du fait d'un chemin conducteur accidentel entre des parties actives de potentiels différents et/ou entre des parties actives et d'autres parties conductrices à l'intérieur de l'ensemble

Note 1 à l'article: L'IEEE 1584:2018 et le NFPA 70E donnent un terme et une définition différents pour désigner le même phénomène de courant: "arcing fault current" ("courant de défaut d'arc"), défini comme suit: "Un courant de défaut circulant dans un plasma d'arc électrique, également appelé courant d'arc".

#### 3.3

##### **dispositif de contrôle de défaut d'arc interne**

##### **IACD**

appareil destiné à détecter un défaut d'arc interne, qui émet un signal pour la mise en fonctionnement d'un dispositif de limitation distinct, ou qui limite automatiquement le défaut d'arc

Note 1 à l'article: Un IACD avec un pouvoir de limitation combine, dans le même dispositif, une fonction de détection de défaut d'arc et un pouvoir de coupure ou de fermeture.

Note 2 à l'article: Aux États-Unis, ces dispositifs sont communément appelés "arc-flash relays (AFR)".

Note 3 à l'article: L'abréviation "IACD" est dérivée du terme anglais développé correspondant "internal arc-fault control device"

#### 3.4

##### **dispositif de réduction de défaut d'arc interne**

##### **IARD**

appareil destiné à réduire l'énergie libérée par un défaut d'arc

Note 1 à l'article: Un IARD peut être obtenu au moyen d'un DPCC, un AQD ou un IALD (dispositif limiteur de défaut d'arc interne).

Note 2 à l'article: Un IALD est un IARD destiné à réduire le courant de défaut d'arc sous une valeur particulière. Il est différent d'un DPCC qui comporte une fonction de limitation du courant, par exemple un fusible ou un disjoncteur.

Note 3 à l'article: L'abréviation "IARD" est dérivée du terme anglais développé correspondant "internal arc-fault reduction device"

[SOURCE: IEC TS 63107:2020, 3.3, modifiée – Dans la définition, suppression de "interne", insertion de la Note 2 à l'article fondée sur 3.3.2 de l'IEC TS 63107:2020.]

### 3.5

#### **temps de détection d'un défaut d'arc**

$t_{ad}$

intervalle de temps entre l'amorçage du défaut d'arc interne et le passage du signal de sortie d'un IACD à l'état "déclenché"

### 3.6

#### **temps d'extinction d'un défaut d'arc**

$t_{ae}$

<IACD> intervalle de temps entre l'amorçage du défaut d'arc interne et l'extinction complète de ce défaut

Note 1 à l'article: Le temps d'extinction peut être déterminé en mesurant le courant de ligne amont et le courant de l'IACD, ou le courant de ligne aval.

Note 2 à l'article: Le temps d'extinction du défaut d'arc n'est pas pris en considération dans le présent document dans le cas d'un IACD autonome ou multifonction installé dans un ensemble. Voir l'IEC TS 63107.

### 3.7

#### **sensibilité au courant**

<défaut d'arc> valeur du courant de défaut présumé qu'un IACD peut détecter

Note 1 à l'article: Cette valeur peut être exprimée en valeur absolue (A ou kA valeur efficace) ou sous la forme d'un rapport de la valeur de courant.

### 3.8

#### **dispositif de limitation**

appareil destiné à réduire les effets du défaut d'arc interne

Note 1 à l'article: Les dispositifs de limitation peuvent être des fusibles (série IEC 60269), des disjoncteurs (IEC 60947-2), des interrupteurs (IEC 60947-3), des dispositifs d'extinction d'arc (IEC 60947-9-1) ou une combinaison de n'importe lequel de ces dispositifs.

### 3.9

#### **dispositif d'extinction d'arc**

**AQD**

appareil destiné à éliminer les défauts d'arc en créant un chemin de courant à impédance plus faible pour provoquer le transfert du courant d'arc vers ce nouveau chemin de courant

Note 1 à l'article: L'abréviation "AQD" est dérivée du terme anglais développé correspondant "arc quenching device"

[SOURCE: IEC 60947-9-1:2019, 3.1]

### 3.10

#### **courant de court-circuit présumé**

courant prévu circulant lorsque les électrodes d'arc sont court-circuitées par un conducteur d'impédance négligeable (courant de court-circuit d'alimentation disponible)

Note 1 à l'article: Le courant de court-circuit présumé est exprimé en ampères (valeur efficace).

Note 2 à l'article: En règle générale, il existe une différence entre le courant d'arc et le courant de court-circuit présumé. Le courant d'arc qui circule au cours de la durée d'arc est inférieur et fluctue en raison de l'impédance d'arc non linéaire variant de façon stochastique dans le temps. Des conditions d'essai reproductibles ne peuvent être définies qu'au moyen du courant de court-circuit présumé attendu dans le cas d'électrodes d'arc court-circuitées.

[SOURCE: IEC 61482-1-2:2014, 3.1.26, modifiée – Dans la Note 1 à l'article, "kA (valeur efficace)" a été remplacé par "ampères (valeur efficace)" et la Note 2 à l'article a été reformulée.]

### 3.11

#### **capteur optique**

capteur utilisé pour détecter l'émission optique d'un défaut d'arc interne

### 3.12

#### **capteur secondaire**

capteur utilisé en complément du ou des capteurs optiques pour confirmer l'indication en mesurant un autre effet physique de l'arc, et pour prendre en charge une fonction supplémentaire

Note 1 à l'article: Le ou les capteurs secondaires sont facultatifs.

Note 2 à l'article: Les capteurs de courant constituent le seul type de capteur secondaire pris en considération dans le présent document.

Note 3 à l'article: Les capteurs de courant sont choisis conformément aux instructions du fabricant.

### 3.13

#### **temps de verrouillage**

valeur de la durée en régime permanent du signal de sortie de fonctionnement après la détection

Note 1 à l'article: Ce temps ne s'applique pas à l'IACD de type combiné.

### 3.14

#### **réglage du courant d'arc**

$I_{as}$

valeur de réglage du courant permettant la détection d'arc

Note 1 à l'article: Cette valeur peut être exprimée en valeur absolue (A valeur efficace) ou sous la forme d'un rapport de la valeur de courant.

### 3.15

#### **plage de réglages du courant d'arc**

plage de réglages du courant comprise entre les valeurs minimale et maximale au-delà desquelles la fonction de détection du courant d'arc est activée

Note 1 à l'article: Ce réglage valeur peut être exprimé en valeur absolue (A valeur efficace) ou sous la forme d'un rapport de la valeur de courant.

### 3.16

#### **différence constructive**

différence significative de conception entre les IACD du même type, exigeant de réaliser des essais de type supplémentaires

EXEMPLE: Algorithme de détection d'arc différent, différent conditionnement du signal du capteur optique.

### 3.17

#### **catégorie de surtension**

#### **OVC**

chiffre définissant une condition de surtension transitoire

Note 1 à l'article: Les catégories de surtension I, II, III, IV sont utilisées, voir 4.3.3.2 de l'IEC 60664-1:2020.

Note 2 à l'article: L'OVC est liée à la tension de tenue aux chocs et à l'installation de mise à la terre (voir le Tableau H.1 de l'IEC 60947-1:2020).

Note 3 à l'article: L'abréviation "OVC" est dérivée du terme anglais développé correspondant "overvoltage category"

[SOURCE: IEC 60664-1:2020, 3.1.20, modifiée – Autre terme "OVC" ajouté, référence de la Note 1 à l'article modifiée, Note 2 à l'article ajoutée.]

### 3.18

#### personne qualifiée

personne ayant la formation et l'expérience appropriées pour lui permettre de percevoir les risques et d'éviter les dangers que peut présenter l'électricité

[SOURCE: IEC 60050-826:2004, 826-18-01]

### 3.19

#### amorçage d'arc

moment auquel le fil d'amorçage se vaporise

### 3.20

#### instant d'amorçage d'un arc

$t_0$

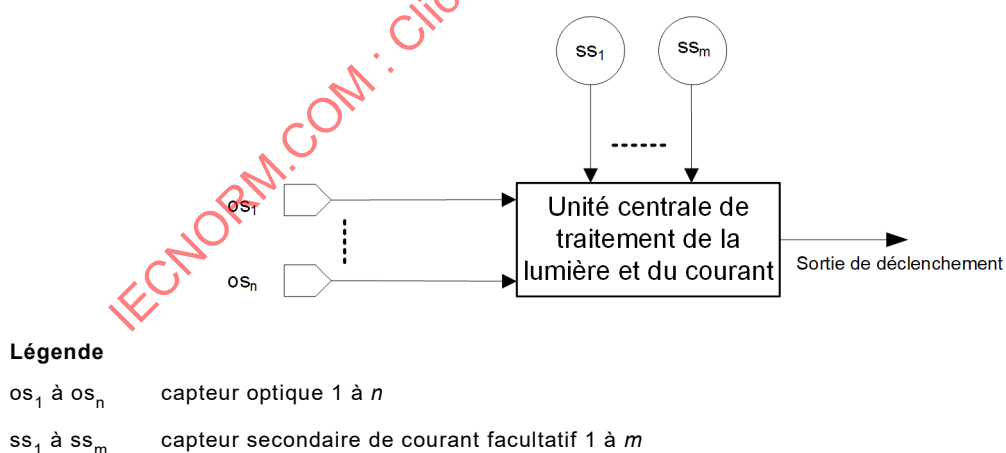
moment considéré comme étant une référence pour le mesurage du temps de réponse d'un IACD

## 4 Classification

### 4.1 Type d'IACD

#### 4.1.1 IACD de type autonome

IACD n'ayant d'autre fonction que la détection et la signalisation des défauts d'arc interne (voir la Figure 2).

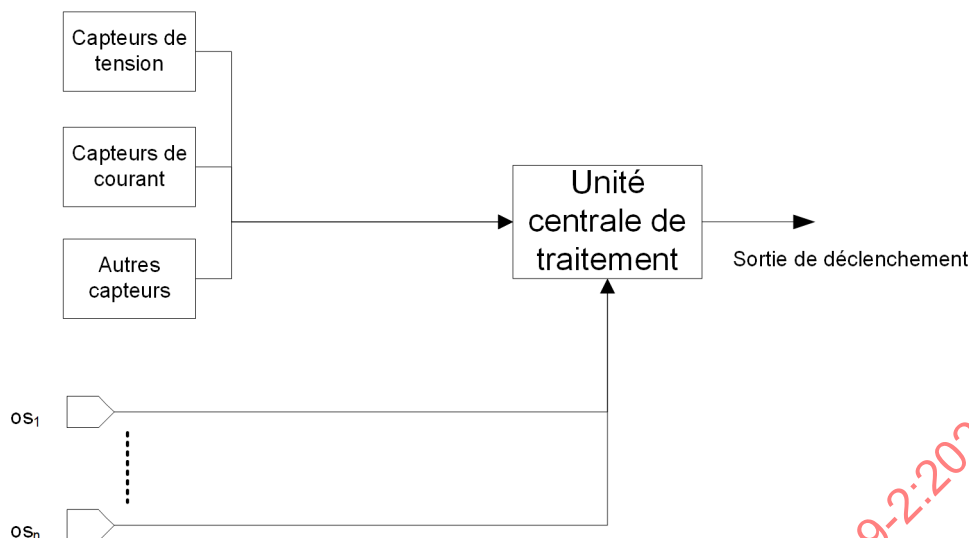


**Figure 2 – Vue d'ensemble de l'architecture d'un IACD de type autonome**

NOTE Les performances essentielles de ce type d'IACD résident dans le temps de détection du défaut d'arc ( $t_{ad}$ ).

#### 4.1.2 IACD de type multifonction

Un appareil dans lequel un IACD est une fonction intégrée d'un dispositif de mesure ou de protection ou d'un relais (voir la Figure 3).



#### Légende

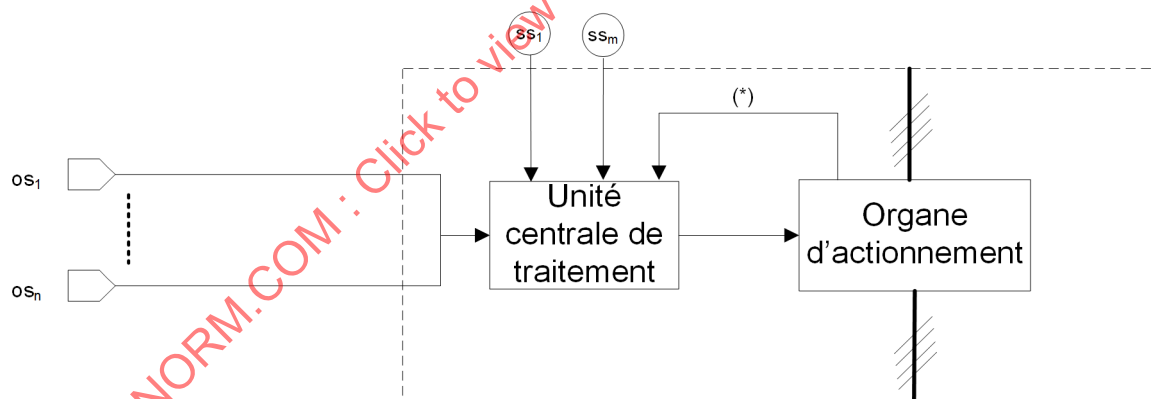
$os_1$  à  $os_n$  capteur optique 1 à  $n$

**Figure 3 – Vue d'ensemble de l'architecture d'un IACD de type multifonction**

NOTE Les performances essentielles de ce type d'IACD résident dans le temps de détection du défaut d'arc.

#### 4.1.3 IACD de type combiné

Dispositif ou combinaison de dispositifs incluant la fonction IACD conçu(e) pour détecter et limiter le défaut d'arc interne (voir la Figure 4).



#### Légende

$os_1$  à  $os_n$  capteur optique 1 à  $n$

$ss_1$  à  $ss_m$  capteur secondaire facultatif 1 à  $m$ , ou en variante (\*) valeur de donnée de courant obtenue des capteurs intégrés

Organe d'actionnement sous-ensemble de limitation du dispositif associé (avec des caractéristiques assignées et une performance appropriées)

**Figure 4 – Vue d'ensemble de l'architecture d'un IACD de type combiné**

L'architecture telle que représentée à la Figure 4 est théorique, et toute autre combinaison est admise si les fonctions essentielles de l'IACD sont remplies.



NOTE Le temps de détection du défaut d'arc n'est pas pertinent pour ce type d'IACD, car il fait partie du temps d'extinction du défaut d'arc ( $t_{ae}$ ) (c'est un élément de performance déclaré par le fabricant).

Pour les IACD de type combiné:

- le présent document doit être pris en considération en complément de toute autre norme de produit applicable (c'est-à-dire l'IEC 60947-2, l'IEC 60947-9-1);
- la conformité à la norme de produit applicable est obligatoire et ne peut pas être déclarée sur la seule base du présent document;
- les essais pertinents de la norme de produit doivent avoir été effectués avec les autres fonctionnalités (logicielles et matérielles) obligatoires pour les fonctions IACD (par exemple, essais de CEM, y compris sur les capteurs optiques, sauf s'ils sont de type purement à fibre). Si cette condition n'est pas satisfaite, des séquences d'essai supplémentaires s'appliquent (voir l'Article 9).

## 4.2 Combinaison de capteurs

### 4.2.1 Type à capteurs optiques uniquement

IACD qui est conçu et prévu pour fonctionner uniquement avec un ou plusieurs capteurs optiques.

Les capteurs optiques sont considérés comme faisant partie du produit, et sont donc fournis par le même fabricant, ou approuvés par le fabricant.

### 4.2.2 Type à capteurs optiques et à capteurs secondaires

IACD qui est conçu et prévu pour fonctionner à la fois avec un ou plusieurs capteurs optiques et un ou plusieurs capteurs secondaires.

NOTE 1 Les capteurs secondaires peuvent être séparés de l'IACD ou intégrés dans l'IACD.

NOTE 2 Les capteurs secondaires peuvent être intégrés dans l'organe d'actionnement.

## 4.3 Types de sorties binaires

### 4.3.1 Sortie d'actionnement

Une "sortie d'actionnement" est directement activée par rapport à la fonction principale de l'IACD.

EXEMPLE Sortie "trip" (déclenchement), sortie "tripped" (état déclenché), sortie "ATS inhibit" (inhibition ATS).

NOTE La sortie d'actionnement est facultative pour les IACD de type combiné.

### 4.3.2 Sortie binaire auxiliaire

Une sortie binaire auxiliaire n'est pas destinée à satisfaire à une quelconque exigence de protection.

EXEMPLE Commande d'un avertisseur, commande de voyants lumineux.

NOTE La sortie binaire auxiliaire est une fonction facultative.

## 5 Caractéristiques

### 5.1 Temps maximal de détection d'un défaut d'arc

Le temps maximal de détection du défaut d'arc ( $t_{ad}$ ) d'un IACD est la durée maximale entre l'amorçage du défaut d'arc et le régime permanent final du ou des signaux de sortie d'actionnement de l'IACD.

Voir l'Annexe C pour la définition et l'identification de l'instant d'amorçage du défaut d'arc.

NOTE 1 Le fabricant peut définir différentes valeurs de temps de détection en fonction de la tension assignée du réseau d'alimentation ou du courant de défaut d'arc présumé, le cas échéant.

NOTE 2 Cette caractéristique s'applique uniquement aux IACD de type autonome et multifonction.

## 5.2 Temps maximal d'extinction d'un défaut d'arc

Le temps maximal d'extinction du défaut d'arc ( $t_{ae}$ ) d'un IACD est la durée maximale entre l'amorçage du défaut d'arc et son extinction complète (voir C.3 et C.5).

Voir l'Annexe C pour la définition et l'identification de l'instant d'amorçage, ainsi que de l'extinction du défaut d'arc.

NOTE 1 Le fabricant peut définir différentes valeurs de temps d'extinction en fonction de la tension assignée du réseau d'alimentation ou du courant de défaut d'arc présumé, le cas échéant.

NOTE 2 Cette caractéristique s'applique uniquement aux IACD de type combiné.

## 5.3 Valeur minimale de détection du courant de défaut d'arc

La valeur déclarée par le fabricant, en courant présumé, qui indique le niveau minimal de détection.

Tous les IACD doivent être capables de mesurer le courant d'arc correspondant à un courant présumé de 10 kA.

Les valeurs inférieures préférentielles qui peuvent être proposées sont les suivantes: 5 kA ou 7 kA.

NOTE 1 Une sensibilité plus élevée augmente le risque de fonctionnement intempestif.

NOTE 2 Un réglage de la sensibilité permet de couvrir plus d'une valeur préférentielle.

NOTE 3 Les valeurs minimales d'un IACD de type combiné peuvent être exprimées sous la forme d'un rapport du courant assigné ou du courant nominal.

## 5.4 Valeur du courant de court-circuit présumé maximal

La valeur maximale du courant présumé est la valeur du courant qu'un IACD peut supporter pendant une durée définie, et/ou interrompre avec succès, telle qu'annoncée par le fabricant.

Les valeurs préférentielles doivent être choisies parmi les suivantes:

10 kA, 30 kA, 50 kA, 65 kA, 85 kA ou 100 kA

NOTE Les valeurs préférentielles ci-dessus sont similaires aux valeurs habituelles de court-circuit des ensembles et ne peuvent donc être comparées aux valeurs indiquées dans l'IEC TR 61641, qui ne sont utilisées que pour créer une contrainte maximale à l'ensemble.

# 6 Informations sur le produit

## 6.1 Nature des informations

Le paragraphe 6.1 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique, dans la mesure appropriée.

## 6.2 Marquages

Chaque IACD doit être marqué de manière lisible et indélébile. Les données à fournir et les emplacements correspondants sont indiqués dans le Tableau 1 ci-dessous.

**Tableau 1 – Marquages et indications pour un IACD <sup>d</sup>**

| Élément                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Informations                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Emplacement du marquage              |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| 1.1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Indication de l'état (par exemple, READY (prêt), TRIP (déclenchement), ERROR (erreur)...)                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Visible <sup>a</sup>                 |
| 1.2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Explication de l'indicateur ou des indicateurs d'état                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Documentation                        |
| 1.3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Nom du fabricant ou marque de fabrique                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Marqué                               |
| 1.4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Désignation du type ou numéro de série                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Marqué                               |
| 1.5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | "IEC 60947-9-2", si le fabricant déclare la conformité au présent document                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Marqué ou Documentation <sup>i</sup> |
| 1.6                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Nécessité d'une alimentation électrique auxiliaire <sup>e</sup> , ainsi que ses caractéristiques, telles que la tension, la fréquence, le courant, etc.                                                                                                                                                                                                                              | Documentation                        |
| 1.7                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Caractéristiques assignées de tout signal de sortie (de fonctionnement ou binaire auxiliaire) <sup>b, c</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                        | Documentation                        |
| 1.8                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Caractéristiques de tout signal d'entrée <sup>b, c</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Documentation                        |
| 1.9                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Temps maximal de détection (le cas échéant) <sup>f, k</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Documentation                        |
| 1.10                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Temps maximal d'extinction (le cas échéant) <sup>f, k</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Documentation                        |
| 1.11                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | <p>Pour un IACD sans dispositions pour capteurs secondaires, l'avertissement suivant:</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px; text-align: center;"> <p><b>AVERTISSEMENT:</b></p> <p>Cet IACD est équipé de capteurs optiques</p> <p>Une source lumineuse ne provenant pas d'un défaut d'arc interne peut déclencher le dispositif de manière intempestive</p> </div> | Documentation                        |
| 1.12                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Immunité à la lumière ambiante (oui/non), et valeur maximale du niveau de lumière ambiante associée (en lux), lorsqu'elle est supérieure à 2 000 lx                                                                                                                                                                                                                                  | Documentation                        |
| 1.13                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Sensibilité minimale en court-circuit présumé (défaut boulonné) et distance du capteur associé, conformément à l'Annexe A                                                                                                                                                                                                                                                            | Documentation                        |
| 1.14                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Valeur du courant de court-circuit présumé maximal                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Documentation                        |
| 1.15                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Tension assignée du réseau d'alimentation (en cas de type combiné)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Documentation                        |
| 1.16                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Réglage du courant d'arc et plage de réglages du courant d'arc (le cas échéant)                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Documentation                        |
| 1.17                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Valeur de la sensibilité optique et plage de réglages (le cas échéant)                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Documentation                        |
| 1.18                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Marquage des bornes <sup>g</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Marqué                               |
| 1.19                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Code IP <sup>h</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Documentation                        |
| 1.20                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Catégorie de surtension (OVC) au point de connexion <sup>i, j</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Documentation                        |
| <p><b>Légende</b></p> <p>Visible                    visible de face lorsque l'IACD est installé comme en service et que les commandes de l'opérateur sont accessibles</p> <p>Marqué                    marqué sur l'extérieur du produit</p> <p>Documentation           dans la documentation du fabricant</p> <p>NOTE Les performances thermiques et la sensibilité à la lumière peuvent être compromises par l'installation dans un ensemble.</p> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                      |

| Élément      | Informations                                                                                                                                                                                                                                                   | Emplacement du marquage |
|--------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| <sup>a</sup> | Le marquage peut être remplacé par l'affichage de certaines informations de fonctionnement. L'affichage doit revenir aux informations essentielles après un bref délai.                                                                                        |                         |
| <sup>b</sup> | Le fabricant doit définir les caractéristiques assignées de chaque entrée/sortie binaire. Par exemple, lorsqu'une sortie optique est proposée, la longueur d'onde, le type de connecteur, le mode, le diamètre et la puissance optique doivent être spécifiés. |                         |
| <sup>c</sup> | Le fabricant doit définir les caractéristiques assignées de chaque entrée/sortie analogique, sauf si elle relève de sa propriété.                                                                                                                              |                         |
| <sup>d</sup> | En complément de la liste ci-dessus, un marquage supplémentaire de l'ensemble est exigé (voir 9.3.3.2).                                                                                                                                                        |                         |
| <sup>e</sup> | L'alimentation électrique auxiliaire doit être fiable pour l'application.                                                                                                                                                                                      |                         |
| <sup>f</sup> | Lorsque le fabricant déclare des performances différentes en fonction des conditions (par exemple, des conditions d'alimentation auxiliaire différentes), chacune d'elles doit être vérifiée par essai.                                                        |                         |
| <sup>g</sup> | Conformément à l'IEC 60255-27 ou à 8.1.8.4 et à l'Annexe L de l'IEC 60947-1:2020.                                                                                                                                                                              |                         |
| <sup>h</sup> | Si plusieurs codes sont possibles (par exemple, en raison de différents cas de montage), tous doivent être répertoriés.                                                                                                                                        |                         |
| <sup>i</sup> | Avec la tension assignée et le type de réseau (voir l'Annexe H et le Tableau H.1 de l'IEC 60947-1:2020).                                                                                                                                                       |                         |
| <sup>j</sup> | L'OVC peut être remplacée par $U_{imp}$ (tension de tenue aux chocs) conformément au Tableau H.1 de l'IEC 60947-1:2020.                                                                                                                                        |                         |
| <sup>k</sup> | Différentes valeurs de temps doivent être spécifiées lorsque le temps (de détection ou d'extinction) dépend de la tension d'alimentation assignée du réseau ou du courant de défaut d'arc présumé.                                                             |                         |
| <sup>l</sup> | Référence à la norme indiquée dans la documentation acceptée pour l'IACD de type multifonction ou lorsque la surface exigée n'est pas suffisante.                                                                                                              |                         |

Les marquages définis dans le Tableau 1 ci-dessus doivent être considérés comme des marquages complémentaires obligatoires lorsqu'il s'agit d'un IACD de type combiné, pour lequel toutes les autres exigences de marquage des normes de produits applicables s'appliquent également.

### 6.3 Instructions d'installation, de fonctionnement, de maintenance, de mise hors service et de démontage

Le paragraphe 6.3 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique, avec l'ajout suivant.

Les informations suivantes doivent être fournies par le fabricant du système IACD et des composants IACD, y compris pour tous les accessoires de montage (tels que les épissures de fibres optiques, les supports, etc.):

- l'identification des capteurs optiques à utiliser;
- les distances maximales entre le ou les capteurs et l'IACD pour un fonctionnement correct;
- l'identification des mesures de courant à utiliser (le cas échéant);
- les règles d'installation de l'IACD, des capteurs optiques et toute recommandation nécessaire à une installation appropriée;
- la plage de températures de l'air ambiant.

Le montage d'un IACD sur profilé-support doit être spécifié conformément à IEC 60715:2017, le cas échéant.

Des informations supplémentaires relatives à la maintenance, à la mise hors service et au démontage de l'équipement doivent être fournies à l'utilisateur en cas de condition dangereuse prévisible de l'appareil, par exemple due à l'énergie stockée, à l'instabilité ou à la chute d'objets, etc.

## **7 Conditions normales de service, de montage et de transport**

L'Article 7 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique.

## **8 Exigences relatives à la construction et au fonctionnement**

### **8.1 Exigences relatives à la construction**

#### **8.1.1 Généralités**

Le paragraphe 8.1 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique, avec les modifications suivantes.

Sauf s'ils sont conformes à la classe de protection II, les IACD de type autonome ou multifonction avec des parties métalliques accessibles doivent être équipés de moyens de connexion pour le conducteur de protection externe ou pour le profilé-support conforme à l'IEC 60715:2017 mis à la terre. Pour ces types d'IACD dont le courant de fuite permanent est, en utilisation normale, supérieur à 3,5 mA en courant alternatif ou 10 mA en courant continu, l'entrée de l'alimentation doit être raccordée de façon analogue à un équipement connecté en permanence (voir l'Article E.2 de l'IEC 60255-27:2013). Cela doit être spécifié dans la documentation du fabricant. La borne du conducteur de protection (borne de terre) ou la partie mise à la terre lorsqu'un rail de montage est utilisé comme conducteur de mise à la terre doit être résistante à la corrosion.

Il convient de prendre attentivement en considération l'Annexe O de l'IEC 60947-1:2020, particulièrement en ce qui concerne la substitution ou la réduction de l'utilisation des substances dangereuses ou, si cela n'est pas possible, pour la mise en place de mesures visant à prévenir l'émission de et le contact avec ces substances.

Il convient de prendre attentivement en considération l'IEC 62474 et l'Annexe W de l'IEC 60947-1:2020 pour la déclaration de matière.

#### **8.1.2 Lignes de fuites et distances d'isolement**

Les lignes de fuite et les distances d'isolement doivent satisfaire aux exigences du Tableau 13 et du Tableau 15 de l'IEC 60947-1:2020.

#### **8.1.3 Exigences relatives aux matériaux**

##### **8.1.3.1 Généralités**

Le paragraphe 8.1.2.1 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique, avec l'ajout suivant.

Des essais doivent être effectués pour les parties en matériau isolant nécessaires au maintien en position des parties transportant le courant, et pour les parties en matériau isolant situées à proximité immédiate de ces parties conductrices.

Le fabricant doit spécifier la méthode d'essai qui doit être utilisée, selon celle de 8.1.3.2 ou de 8.1.3.3.

##### **8.1.3.2 Essais au fil incandescent**

La conformité des matériaux utilisés est vérifiée par:

- a) des essais sur le matériel; ou
- b) des essais sur des parties prélevées sur le matériel; ou
- c) des essais sur une quelconque partie d'un matériau identique avec une épaisseur représentative; ou

d) des données du fournisseur de matériaux isolants satisfaisant aux exigences de l'IEC 60695-2-12.

La conformité doit être établie en ce qui concerne la résistance à la chaleur anormale et au feu. Le fabricant doit indiquer parmi a), b), c) et d) les méthodes qui doivent être utilisées.

Lorsque les exigences de l'un quelconque des essais de 9.2.2 de l'IEC 60947-1:2020 sont déjà satisfaites par un matériau identique avec des sections représentatives, ces essais ne doivent pas être répétés.

Les essais sur le matériel doivent être effectués dans le cadre de l'essai au fil incandescent pour produits finis spécifié dans l'IEC 60695-2-10 et l'IEC 60695-2-11.

Pour les IACD de type combiné, à moins que de nouveaux matériaux ne soient ajoutés ou que des essais ne soient effectués avec un niveau de sévérité inférieur, les essais au fil incandescent ne sont pas estimés être répétés. Dans le premier cas, seuls les nouveaux matériaux doivent être soumis à l'essai.

Les essais doivent être effectués conformément à 9.2.2.1 de l'IEC 60947-1:2020 avec les conditions indiquées dans le Tableau 2 ci-dessous.

**Tableau 2 – Conditions d'essai pour l'essai au fil incandescent**

| Partie en essai                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Condition d'essai                                     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| Partie ayant une masse inférieure à 2 g <sup>a</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Essai non nécessaire                                  |
| Partie qui est une petite partie selon 3.1 de l'IEC 60695-2-11:2014 <sup>a</sup>                                                                                                                                                                                                                                                       | Essai non nécessaire                                  |
| Partie qui n'est pas à proximité immédiate des parties transportant le courant <sup>b</sup>                                                                                                                                                                                                                                            | Essai non nécessaire                                  |
| Partie qui est à proximité immédiate des parties transportant le courant <sup>b</sup>                                                                                                                                                                                                                                                  | Essai au fil incandescent à une température de 650 °C |
| Partie qui maintient en position des parties transportant le courant                                                                                                                                                                                                                                                                   | Essai au fil incandescent à une température de 850 °C |
| <sup>a</sup> Pour les produits contenant plusieurs petites parties, la masse totale des parties non soumises à l'essai et situées à proximité immédiate les unes des autres ne doit pas dépasser 10 g.<br><sup>b</sup> La proximité doit reposer sur un jugement technique qui prend en considération le risque de propagation du feu. |                                                       |

### 8.1.3.3 Essai fondé sur la catégorie d'inflammabilité

Le paragraphe 8.1.2.3 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique.

Pour les IACD de type combiné, à moins que de nouveaux matériaux ne soient ajoutés ou que des essais ne soient effectués avec un niveau de sévérité inférieur, les essais d'inflammabilité ne sont pas estimés être répétés. Dans le premier cas, seuls les nouveaux matériaux doivent être soumis à l'essai.

## 8.2 Exigences relatives au fonctionnement

### 8.2.1 Généralités

Pour les IACD de type autonome ou multifonction, le temps maximal de détection d'un défaut d'arc et la sensibilité minimale au défaut d'arc doivent être conformes aux valeurs indiquées par le fabricant.

Pour les IACD de type combiné, le temps maximal d'extinction d'un défaut d'arc, la sensibilité minimale au défaut d'arc et la capacité maximale d'extinction du défaut d'arc doivent être conformes aux valeurs indiquées par le fabricant.

## **8.2.2 Conditions de fonctionnement**

8.2.1 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique.

## **8.2.3 Échauffement**

L'échauffement des parties d'un IACD, mesuré au cours d'un essai effectué dans les conditions spécifiées en 9.3.8 ne doit pas dépasser les valeurs limites fixées dans le Tableau 2 de l'IEC 60947-1:2020 et le Tableau 3 de l'IEC 60947-1:2020.

## **8.3 Compatibilité électromagnétique (CEM)**

Le paragraphe 8.3 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique.

# **9 Essais**

## **9.1 Généralités - Nature des essais**

Le paragraphe 9.1 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique, avec les ajouts suivants:

Les essais qui permettent de vérifier les caractéristiques d'un IACD sont:

- les essais de type (effectués sur des échantillons représentatifs pour chaque différence constructive) (voir 9.3);
- les essais individuels de série (sur chaque produit) (voir 9.4).

Les essais d'une séquence doivent être effectués dans l'ordre indiqué dans le Tableau 3 et le Tableau 4.

L'échantillon est composé d'un capteur optique et de l'IACD.

## **9.2 Conformité aux exigences relatives à la construction**

Le paragraphe 9.2 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique, avec les ajouts suivants.

Les conditions des essais au fil incandescent sont définies en 8.1.3.2.

Les mesurages du courant de fuite selon 8.1.1 doivent être effectués en utilisant le circuit de mesure représenté à la Figure 4 de l'IEC 60990:2016. Le matériel doit être isolé de la terre et le circuit de mesure doit être connecté entre la borne du conducteur de protection et le conducteur de protection.

## **9.3 Essais de type**

### **9.3.1 Généralités**

Un IACD doit être soumis aux essais de type suivants:

- essais d'échauffement: pour vérifier que la température ne peut pas dépasser certaines limites compte tenu des performances du matériau et de la sécurité de l'opérateur;
- essais de détection d'arc (pour le type autonome ou multifonction): pour vérifier que le système de mesure peut détecter les courants minimaux de défaut d'arc et supporter les courants maximaux de défaut d'arc spécifiés par le fabricant;

- essais d'extinction d'arc (pour le type combiné): pour vérifier que l'IACD peut limiter les valeurs minimales et maximales de courant de défaut d'arc spécifiées par le fabricant;
- essais d'immunité à la lumière: pour vérifier que la détection n'est pas activée par la lumière ambiante normale ou la lumière provenant de sources artificielles courantes, lorsqu'une telle immunité est déclarée par le fabricant. L'immunité à la lumière provenant d'appareillages de commutation avoisinants peut nécessiter des mesures supplémentaires qui ne sont pas traitées dans le présent document;

NOTE 1 Les valeurs de lumière ambiante spécifiées à l'Annexe E sont considérées comme un niveau d'immunité minimal. Les fabricants peuvent déclarer des niveaux d'immunité plus élevés.

- essais d'environnement (par exemple, CEM, vibrations, chaleur humide).

Toutes les sorties d'actionnement doivent être soumises à l'essai. L'essai des sorties binaires auxiliaires est facultatif et peut être effectué sur accord entre le fabricant et l'utilisateur.

Lorsqu'un IACD comporte plusieurs sorties identiques, chacune d'elles doit être surveillée au cours de la même séquence d'essais, tous les résultats étant consignés dans le rapport d'essai. Les sorties normalement ouvertes peuvent être testées en série, et les sorties normalement fermées peuvent être testées en parallèle.

Lorsque des groupes de contacts différents sont fonctionnellement différents, chaque groupe doit être soumis à l'essai séparément.

La ou les sorties numériques à fibres optiques, le cas échéant, doivent également être vérifiées. Lorsque l'interface utilisée pour convertir le signal optique en niveau logique est fournie par le fabricant, cela doit être consigné dans le rapport d'essai. Lorsque l'interface appartient au laboratoire d'essai, le retard supplémentaire induit par la conversion du signal optique en niveau logique doit également être consigné dans le rapport d'essai.

La connexion des capteurs optiques et des capteurs de courant secondaires (le cas échéant) doit être conforme aux instructions du fabricant.

Un IACD de type autonome ou multifonction doit être soumis aux essais de type suivants, regroupés en une séquence, qui doivent être exécutés de préférence dans l'ordre indiqué dans le Tableau 3 ci-dessous. Pour des raisons pratiques, l'ordre peut être modifié en vertu d'un accord entre le fabricant et l'utilisateur.



**Tableau 3 – Séquences d'essais pour les IACD de type autonome ou multifonction**

| Essai                                                                                                                   | Séquence d'essais de type        | Paragraphe       |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|------------------|
| 1                                                                                                                       | Essais d'immunité à la lumière   | 9.3.3            |
|                                                                                                                         | Essais de détection d'arc:       | 9.3.4            |
|                                                                                                                         | – Arcs à basse énergie           | 9.3.4.3          |
|                                                                                                                         | – Arcs à haute énergie           | 9.3.4.4          |
|                                                                                                                         | Propriétés diélectriques         | 9.3.5            |
|                                                                                                                         | Essais fonctionnels <sup>a</sup> | 9.3.9            |
| 2                                                                                                                       | Essai de CEM:                    | 9.3.6            |
|                                                                                                                         | – Émission                       | 9.3.6.3          |
|                                                                                                                         | – Immunité                       | 9.3.6.2          |
|                                                                                                                         | Essais fonctionnels <sup>a</sup> | 9.3.9            |
| 3                                                                                                                       | Essais d'échauffement            | 9.3.8            |
| 4                                                                                                                       | Chaleur humide                   | 9.3.7.2          |
|                                                                                                                         | Vibrations et chocs              | 9.3.7.3, 9.3.7.4 |
|                                                                                                                         | Propriétés diélectriques         | 9.3.5            |
|                                                                                                                         | Essais fonctionnels              | 9.3.9            |
| <sup>a</sup> Peuvent être omis si le même échantillon d'essai est utilisé pour les autres séquences d'essais suivantes. |                                  |                  |

À la demande du fabricant, chaque séquence d'essais du Tableau 3 peut être exécutée avec un nouvel échantillon.

NOTE 2 Le remplacement du capteur optique n'est pas considéré comme un nouvel échantillon.

NOTE 3 Certains essais peuvent ne pas être pertinents si l'appareil ou le système n'a pas le mode de fonctionnement correspondant.

Lorsqu'un IACD de type combiné a déjà subi avec succès tous les essais de CEM, d'échauffement et d'environnement conformément à sa norme de dispositif de limitation, et si les exigences de ces essais couvrent celles décrites dans le présent document, cet IACD doit alors être soumis uniquement aux essais de type supplémentaires suivants, regroupés en une seule séquence indiquée dans le Tableau 4 ci-dessous. Dans le cas contraire, les séquences supplémentaires 2, 3 et/ou 4 du Tableau 3 s'appliquent également.

**Tableau 4 – Séquences d'essais pour les IACD de type combiné**

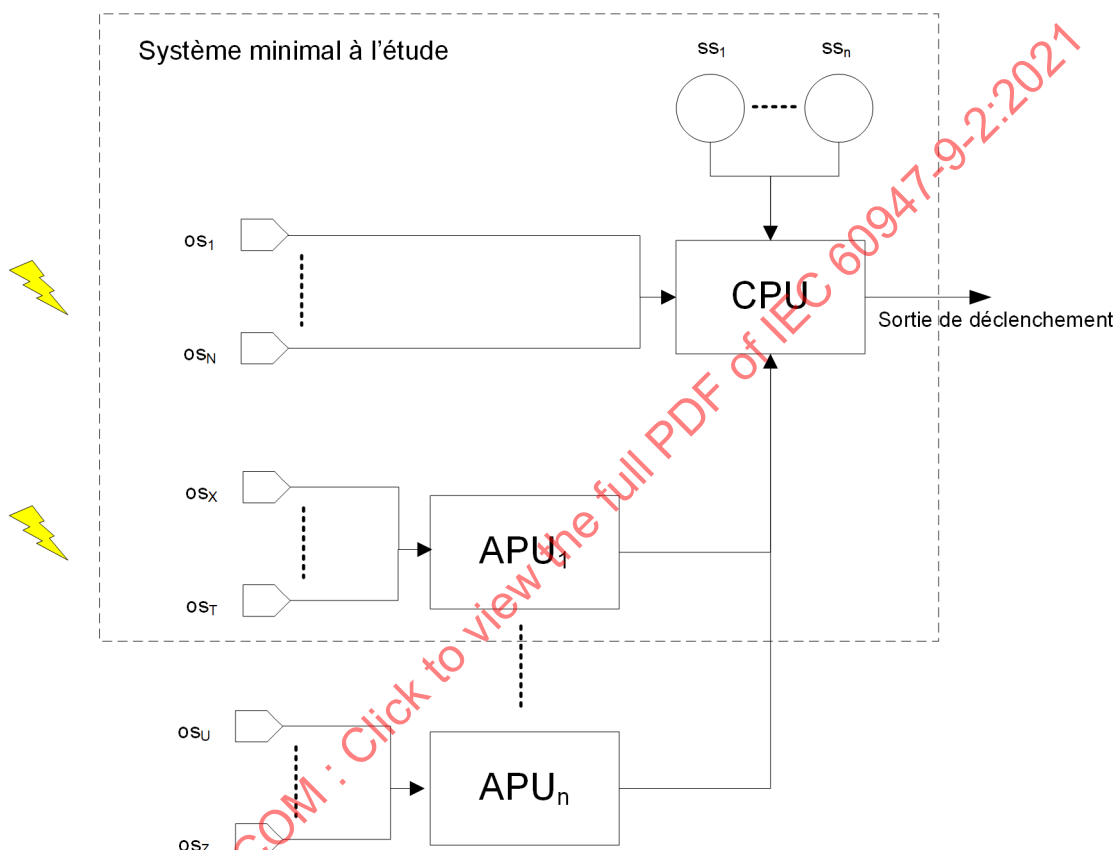
| Essai | Séquence d'essais de type      | Paragraphe |
|-------|--------------------------------|------------|
| 1     | Essais d'immunité à la lumière | 9.3.3      |
|       | Essais d'extinction d'arc:     | 9.3.4      |
|       | – Arcs à basse énergie         | 9.3.4.3    |
|       | – Arcs à haute énergie         | 9.3.4.4    |
|       | Propriétés diélectriques       | 9.3.5      |
|       | Essais fonctionnels            | 9.3.9      |

L'Article 10 spécifie les données à consigner dans le rapport d'essai.

### 9.3.2 Recommandations relatives au choix de l'échantillon

Comme cela est représenté à la Figure 5 et à la Figure 6 ci-dessous, un IACD du même type peut présenter, à la discrétion du fabricant, plusieurs architectures ou structures pour remplir la fonction principale.

Le choix des échantillons ne doit être motivé que par des différences constructives, des différences significatives en matière de choix de matériel et/ou de micrologiciel, d'algorithmes et de méthodes, qui peuvent dans leur ensemble entraîner une augmentation significative de la charge de l'unité centrale de traitement (CPU - central processing unit) ou du transfert de données, rendant ainsi obligatoires des essais supplémentaires.

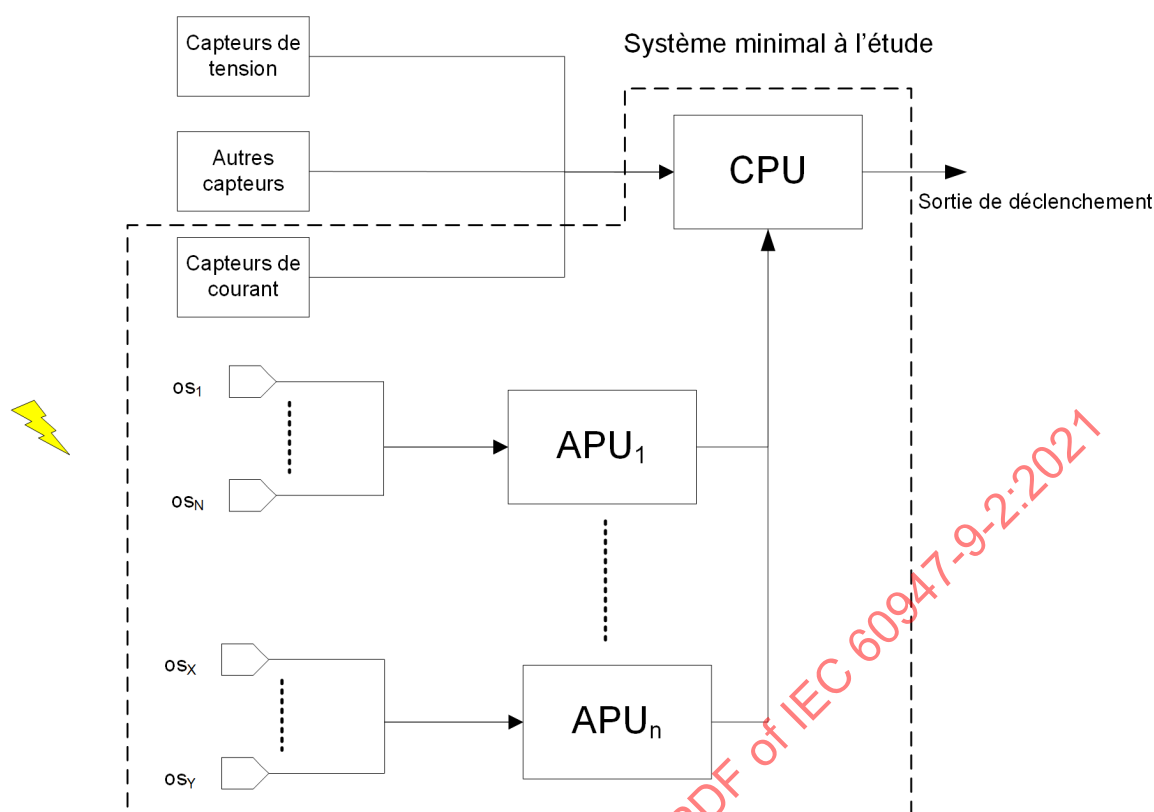


NOTE A la figure ci-dessus, le CPU et les APU<sub>1</sub> à APU<sub>n</sub> (APU - auxiliary processing unit, unité de traitement auxiliaire) peuvent également être fusionnés dans le même composant.

#### Légende

- os capteur optique
- ss capteur secondaire facultatif
- CPU unité centrale de traitement
- APU unité de traitement auxiliaire
- système minimal à prendre en considération

**Figure 5 – Architecture (matérielle) d'un IACD de type autonome**



NOTE A la figure ci-dessus, le CPU et les APU1 à APUn peuvent également être fusionnés dans le même composant.

#### Légende

|     |                                            |
|-----|--------------------------------------------|
| os  | capteur optique                            |
| ss  | capteur secondaire facultatif              |
| CPU | unité centrale de traitement               |
| APU | unité de traitement auxiliaire             |
| --- | système minimal à prendre en considération |

**Figure 6 – Architecture (matérielle) d'un IACD de type multifonction**

Sauf justification technique contraire, les IACD de type autonome et de type multifonction sont considérés comme ayant une différence constructive s'ils diffèrent par l'une quelconque des caractéristiques suivantes:

- les dimensions hors-tout de l'IACD;
- les caractéristiques de l'alimentation électrique auxiliaire (le cas échéant);
- le nombre de cartes de circuits imprimés;
- la configuration matérielle de la carte (sauf si des composants sont omis sur la même configuration);
- les logiciels/micrologiciels intégrés pour la fonction de détection d'arc;
- les matériaux de moulage et d'isolation;
- l'IP déclaré;
- le type ou le fabricant du capteur optique;
- le type et les caractéristiques du dispositif de mesure de courant.

En l'absence d'une différence constructive, le choix doit être effectué comme suit:

- essais d'un IACD de type autonome limité à l'unité centrale de traitement et à une seule unité auxiliaire, le cas échéant (voir la Figure 5);
- essais d'un IACD de type multifonction limité à l'unité centrale de traitement, à l'unité de conditionnement du capteur de courant (le cas échéant) et à une seule unité auxiliaire (voir la Figure 6).

Les IACD de type combiné sont essentiellement caractérisés par les différences constructives des dispositifs de limitation, et les échantillons doivent être choisis en conséquence.

NOTE Se reporter à 7.1.6 de l'IEC 60947-2:2016 pour la liste des différences constructives des disjoncteurs de type combiné.

L'équipement exigé doit être composé d'un capteur optique par unité (APU et/ou CPU). Lorsque le fabricant déclare des performances pour différents types de capteurs optiques (par exemple, un capteur ponctuel et un capteur à fibres optiques), chacun d'eux doit être soumis à l'essai séparément.

### 9.3.3 Essais d'immunité à la lumière

#### 9.3.3.1 Généralités

Deux cas doivent être pris en considération:

- IACD sans capteur secondaire;
- IACD avec capteur(s) secondaire(s).

#### 9.3.3.2 IACD sans capteur secondaire

À moins d'être spécifiquement conçu, l'IACD sans capteur secondaire est potentiellement sensible à la lumière ambiante. Aucun essai n'est jugé nécessaire dans un tel cas.

Cependant, la discrimination entre la lumière ambiante normale et la lumière provenant du défaut d'arc interne peut être proposée en option par les fabricants. Dans ce cas, les essais doivent être menés conformément à l'Annexe E, afin de valider le niveau d'immunité déclaré par le fabricant.

EXEMPLE Un fabricant peut déclarer une immunité à la lumière ambiante jusqu'à 2 000 lux, simulée par une lampe tungstène-halogène, qui peut se produire lors de l'ouverture d'une porte d'un ensemble installé dans un local électrique.

- Les caractéristiques suivantes de la méthode proposée doivent être prises en considération:
- la simulation par l'utilisation d'une lampe tungstène-halogène (qui ne couvre pas tous les cas);

NOTE 1 Il est reconnu qu'en dehors des lampes tungstène-halogène, il existe de nombreux autres types de sources de lumière qui ont un spectre différent (c'est-à-dire des caractéristiques de longueur d'onde différentes). La source de lumière tungstène-halogène est choisie parce que, entre autres, elle fournit un niveau élevé d'intensité (c'est-à-dire d'irradiance) dans la plage de longueurs d'onde (allant du rouge à l'infrarouge (IR)) dans laquelle les photodiodes au silicium, couramment utilisées dans un IACD, ont la plus grande sensibilité. Ceci entraîne les conditions d'essai les plus défavorables par rapport aux autres types de sources de lumière.

- les caractéristiques des sources lumineuses spécifiques rencontrées sur site peuvent dépasser les paramètres d'essai définis;
- la méthode proposée identifie et clarifie un seul type de source lumineuse. Le fabricant peut, par ailleurs, effectuer des essais avec d'autres sources, qui ne sont pas couvertes par le présent document.

NOTE 2 L'intensité lumineuse est exprimée en lux plutôt qu'en W/m<sup>2</sup> en raison de son mesurage avec des appareils d'essai de laboratoire communément disponibles.

L'immunité aux arcs produits par des dispositifs de coupure du courant tels que les disjoncteurs à air (ACB - air circuit-breakers), les disjoncteurs en boîtier moulé (MCCB - moulded-case circuit-breakers) ou les interrupteurs à l'intérieur de l'ensemble, doit être prise en considération au niveau du système, par exemple par confinement ou blindage. Ces essais sont spécifiés dans l'IEC TS 63107.

Le fabricant doit fournir une étiquette ou une plaque, et des instructions pour la pose de l'étiquette ou de la plaque sur les zones pertinentes de l'ensemble. Le texte EN/FR ci-dessous doit être marqué sur l'étiquette ou la plaque. Des traductions supplémentaires dans d'autres langues doivent être effectuées conformément aux réglementations nationales.

Cas 1: Pour un IACD qui a été soumis à l'essai avec succès selon l'Annexe E, le texte de l'étiquette ou de la plaque doit être le suivant:

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p style="text-align: center;"><b>WARNING</b></p> <p style="text-align: center;">This assembly is fitted with an arc-detection system with optical sensors</p> <p style="text-align: center;">–</p> <p style="text-align: center;">Light from other than internal arc-fault may unintentionally trigger the device</p> <p style="text-align: center;">Tested regarding immunity to ambient-light under 2 000 lx by tungsten-halogen lamp</p>                              |
| <p style="text-align: center;"><b>AVERTISSEMENT</b></p> <p style="text-align: center;">Cet ensemble est équipé d'un dispositif détecteur d'arcs avec capteurs optiques</p> <p style="text-align: center;">–</p> <p style="text-align: center;">Toute source lumineuse autre qu'un arc de défaut est susceptible de déclencher le dispositif</p> <p style="text-align: center;">Immunité à une lumière ambiante de 2 000 lx vérifiée sous éclairage tungstène-halogène</p> |

Cas 2: Pour un IACD qui n'a pas été soumis à l'essai selon l'Annexe E, le texte de l'étiquette ou de la plaque doit être le suivant:

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p style="text-align: center;"><b>WARNING</b></p> <p style="text-align: center;">This assembly is fitted with an arc-detection system with optical sensors</p> <p style="text-align: center;">–</p> <p style="text-align: center;">Light from other than internal arc-fault may unintentionally trigger the device</p>                          |
| <p style="text-align: center;"><b>AVERTISSEMENT</b></p> <p style="text-align: center;">Cet ensemble est équipé d'un dispositif détecteur d'arcs avec capteurs optiques</p> <p style="text-align: center;">–</p> <p style="text-align: center;">Toute source lumineuse autre qu'un arc de défaut est susceptible de déclencher le dispositif</p> |

NOTE 3 La valeur de 2 000 lx dans le texte ci-dessus peut être remplacée par une quelconque valeur supérieure lorsque celle-ci est vérifiée par essai en vertu d'un accord particulier entre le fabricant et l'utilisateur.

NOTE 4 Le risque de fonctionnement indésirable des IACD sous la lumière ambiante peut être réduit en ajoutant une mesure de courant secondaire. Cependant, la mesure de courant secondaire peut être insuffisante pour empêcher de manière fiable le fonctionnement intempestif causé par la lumière des dispositifs de connexion associés à un courant de défaut élevé, installés dans l'ensemble à basse tension. Une telle immunité est traitée dans l'IEC TS 63107.

La hauteur du texte doit être d'au moins 5 mm. Le texte doit être marqué de manière durable et lisible et sa couleur doit être différente de celle de l'étiquette ou de la plaque. L'étiquette ou la plaque doit être conçue conformément aux normes ISO 3864-1 et ISO 3864-2 et colorée selon les pratiques nationales.

### **9.3.3.3 IACD avec capteur(s) secondaire(s)**

#### **9.3.3.3.1 Généralités**

Pour un IACD ayant plus d'un capteur de courant, chaque entrée doit être soumise à l'essai séparément. N'importe quelle phase peut être soumise à l'essai si les entrées sont identiques. Le courant d'essai ne doit pas être asymétrique.

L'immunité aux arcs produits par des dispositifs de coupure du courant tels que les ACB, les MCCB ou les interrupteurs à l'intérieur de l'ensemble, doit être prise en considération au niveau du système, par exemple par confinement ou blindage. Ces essais sont spécifiés dans l'IEC TS 63107.

#### **9.3.3.3.2 Considérations relatives au seuil de courant**

En fonction de l'existence des paramètres de seuil de courant  $I_{as}$  (fixes ou réglables), le fabricant peut proposer plusieurs méthodes de mesure du courant pour déterminer si un seuil a été dépassé.

Toutes les méthodes de mesure du courant et de comparaison de seuils proposées doivent être soumises individuellement à l'essai.

#### **9.3.3.3.3 Méthode d'essai**

Pour ces essais, le capteur optique doit être éclairé en permanence (sauf interdiction du fabricant) par toute source lumineuse adaptée. En l'absence d'une telle autorisation, le laboratoire d'essai doit synchroniser l'éclairement avec le courant secondaire.

NOTE Une lampe au xénon peut être utilisée, car son spectre est stable, reproductible et couvre la totalité du spectre visible.

L'essai doit être effectué à 80 % et 120 % de la valeur de réglage du courant d'arc:

- à un courant d'essai d'une valeur égale à 80 % du réglage, l'IACD ne doit pas fonctionner, le courant étant maintenu pendant 0,2 s.
- à un courant d'essai d'une valeur égale à 120 % du réglage, l'IACD doit fonctionner dans un délai de 0,2 s.

L'essai doit être répété pour ces deux valeurs extrêmes de réglage identifiées dans la plage de réglages du courant d'arc (le cas échéant).

### **9.3.4 Essais de détection et d'extinction**

#### **9.3.4.1 Généralités**

Les deux types d'essais de détection et d'extinction pour tous les types d'IACD sont:

- les essais sous arcs à basse énergie (voir l'Annexe A);
- les essais sous arcs à haute énergie (voir l'Annexe B).

Un fabricant peut déclarer des performances différentes selon le principe d'alimentation des IACD. Dans ce cas, chaque méthode doit être vérifiée par essai conformément aux spécifications du fabricant.

Les capteurs de courant, lorsqu'ils sont utilisés, doivent être installés et raccordés conformément aux instructions du fabricant. La configuration globale doit être consignée dans le rapport d'essai.

### 9.3.4.2 Système de mesure et de suivi des données

Le système de mesure doit être capable d'enregistrer simultanément:

- la tension et le courant de source;
- le courant et la tension d'arc;
- la ou les sorties de l'IACD (pour le type autonome ou multifonction);
- tout autre signal à la demande du fabricant.

Les performances minimales (concernant la fréquence d'échantillonnage, la bande passante et la numérisation) doivent être conformes à C.6.

Les formes d'onde du courant et de la tension d'arc doivent être enregistrées à chaque essai d'arc et représentées graphiquement par rapport au temps dans le rapport d'essai.

### 9.3.4.3 Essais sous arcs à basse énergie

#### 9.3.4.3.1 Généralités

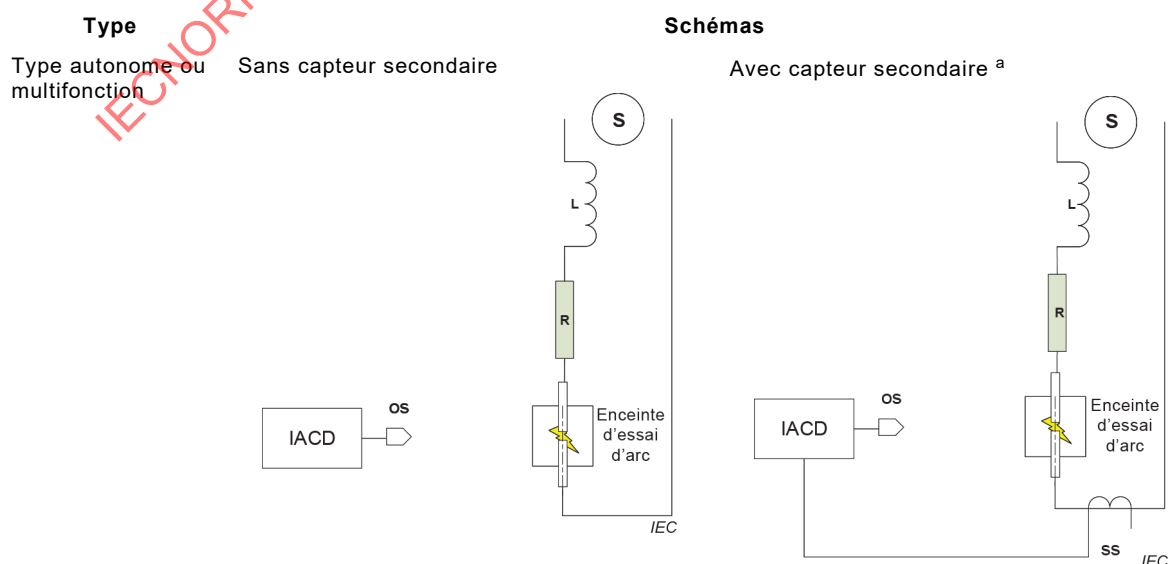
Ces essais ont pour objet d'évaluer la capacité de détection dans des conditions de défaut d'arc monophasé à basse énergie (lorsque d'autres conditions du système peuvent également rendre difficile la détection du défaut d'arc), en vue de:

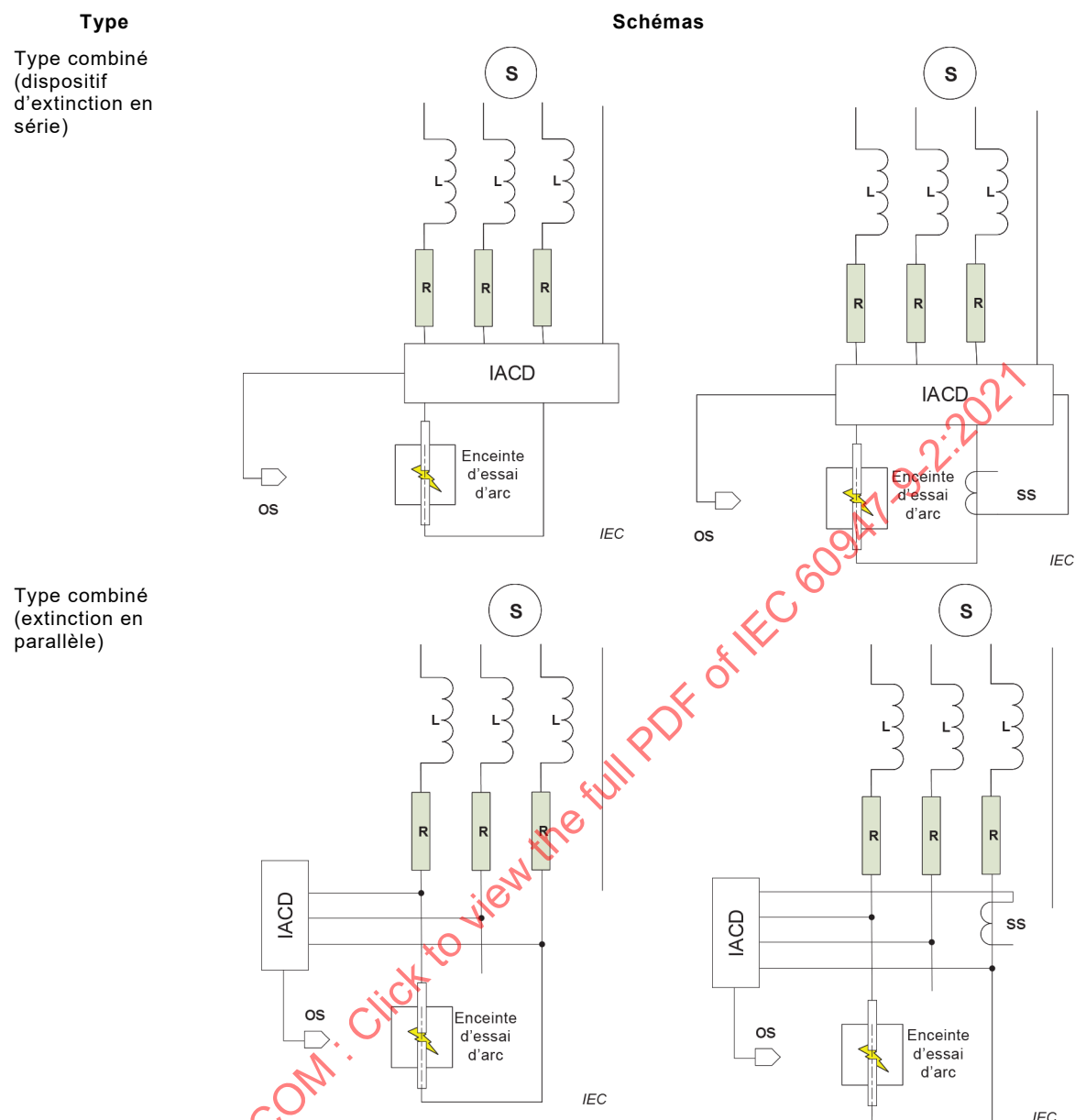
- valider la sensibilité de détection aux arcs à faible énergie;

NOTE Les arcs à basse énergie peuvent être, par exemple, des défauts d'arcs entre la phase et la terre.

- valider la sensibilité de détection en fonction de la distance définie entre le capteur et l'arc, de la direction du capteur et d'autres facteurs similaires.

Voir la Figure 7 pour les principes des montages d'essai et l'Annexe A pour toute information relative à ces essais.





**Figure 7 – Essais de détection sous basse énergie - Principe du montage**

### 9.3.4.3.2 Conditions d'essai

Sauf exigence contraire du fabricant (pour des raisons de vieillissement accéléré, par exemple), les essais doivent être effectués sur un seul échantillon conformément à l'Annexe A.



Ces essais sont conçus pour démontrer la sensibilité minimale (c'est-à-dire à l'énergie la plus faible) d'un IACD. De ce fait, par défaut, si la sensibilité est réglable, elle doit être réglée sur sa valeur minimale. En alternative, le fabricant peut également demander un niveau spécifique pour l'immunité à la lumière, qui doit être ajusté avant les essais.

### 9.3.4.3.3 Critères d'acceptation des essais

Les critères suivants doivent être satisfaits:

- chaque arc doit être détecté. Si un arc n'est pas détecté, l'essai a échoué et ne peut être répété sans réglage;

NOTE 1 Lors de l'essai d'un IACD avec une confirmation secondaire, l'absence de détection due à un courant d'essai inférieur à  $I_{as}$  n'est pas considérée comme un essai valide. L'essai peut être répété avec, si possible, un réglage  $I_{as}$  approprié.

- chaque fonctionnement de l'IACD doit être une conséquence de la détection d'un défaut d'arc;
- la valeur maximale du temps de détection de chaque sortie (le cas échéant), ou (en variante, pour un IACD de type combiné) la valeur du temps d'extinction, doit être conforme aux spécifications du fabricant, pour trois essais individuels successifs;
- lorsqu'il existe différents types de sorties (par exemple, NO ou NC, statique ou électromécanique...), les performances de chacun doivent être évaluées séparément si les spécifications de performances du fabricant sont différentes. Dans le cas contraire, toutes les sorties doivent être évaluées en mesurant la valeur maximale lors de chaque essai;
- après le dernier essai individuel, la fonctionnalité du système doit être vérifiée. La vérification doit être réalisée dans des conditions au moins équivalentes à celles des essais précédents. La simulation d'arc à l'aide d'une source lumineuse et de l'outillage spécifique du fabricant est admise;

NOTE 2 Cette séquence d'essai fonctionnel fait l'objet d'un accord entre le fabricant et le laboratoire d'essai.

- le temps de verrouillage doit être conforme à la déclaration du fabricant après chaque essai individuel (ce temps ne s'applique pas à l'IACD de type combiné);
- le réarmement doit être effectif après chaque fonctionnement.

NOTE 3 Les laboratoires d'essai sont autorisés à réinitialiser le dispositif après chaque essai individuel, si cela est nécessaire.

Les références relatives aux mesurages du temps de détection (et respectivement du temps d'extinction) doivent être identifiées conformément à C.3.

En raison de la méthode de sélection de  $t_0$  utilisée dans le protocole de mesure, les systèmes de mesure sensibles à l'émission de lumière avant  $t_0$  peuvent donner lieu à des temps de détection très courts, voire négatifs (voir C.7). Ceci n'indique pas nécessairement une détection rapide, mais peut être le signe d'une sensibilité élevée.

NOTE 4 La sensibilité élevée d'un IACD peut avoir un impact sur la fiabilité du système, par exemple un fonctionnement involontaire.

### 9.3.4.4 Essais sous arcs à haute énergie

#### 9.3.4.4.1 Généralités

Ces essais ont pour objet de reproduire le fonctionnement de l'IACD (sur la base des défauts d'arc interne triphasés).

NOTE 1 Les défauts d'arc interne triphasés ne sont pas les seuls défauts possibles. Toutefois, les défauts d'arc monophasés ou biphasés peuvent se propager en défauts triphasés ce qui est conforme à l'IEC TR 61641.

L'objet de cette séquence d'essais est:

- d'assurer qu'aucun masquage ou saturation ne puisse compromettre les performances;
- de garantir les performances de détection et d'extinction en triphasé;
- de documenter le temps de détection ou le temps d'extinction;
- de confirmer les performances en monophasé (soumises auparavant aux essais sous basse énergie).

Voir la Figure 9 pour les principes des montages d'essai et l'Annexe B pour toute information relative à ces essais.

NOTE 2 La CEM est couverte par d'autres exigences du présent document.

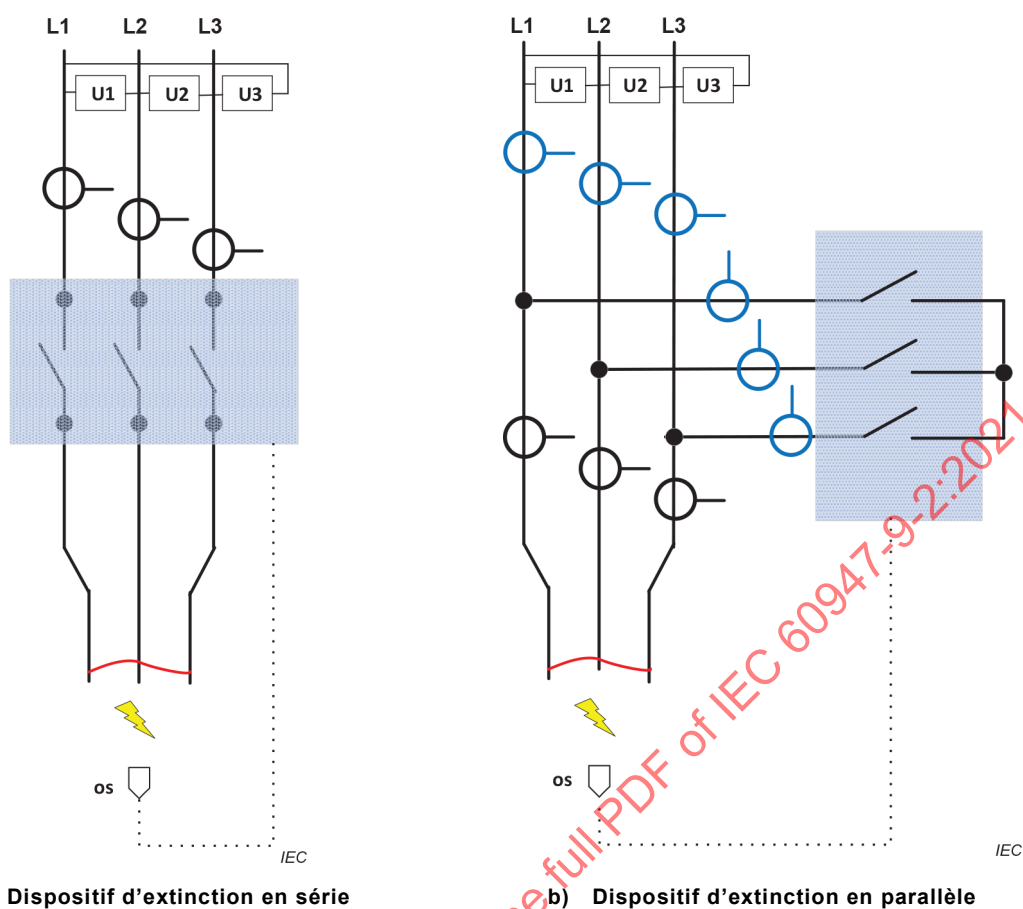
#### **9.3.4.4.2 Méthodes d'essai**

Les performances de l'IACD de type combiné doivent être déterminées à l'aide des méthodes suivantes (voir la Figure 8).

Le temps d'extinction d'arc peut être déterminé en mesurant:

- soit (de préférence) le courant de ligne amont et le courant de l'IACD;
- soit (en variante) le courant de ligne aval.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60947-9-2:2021



NOTE La position et le nombre de capteurs de courant sont laissés à l'appréciation du laboratoire d'essai, en prenant pour hypothèse que l'extinction de l'arc est correctement mesurée.

#### Légende

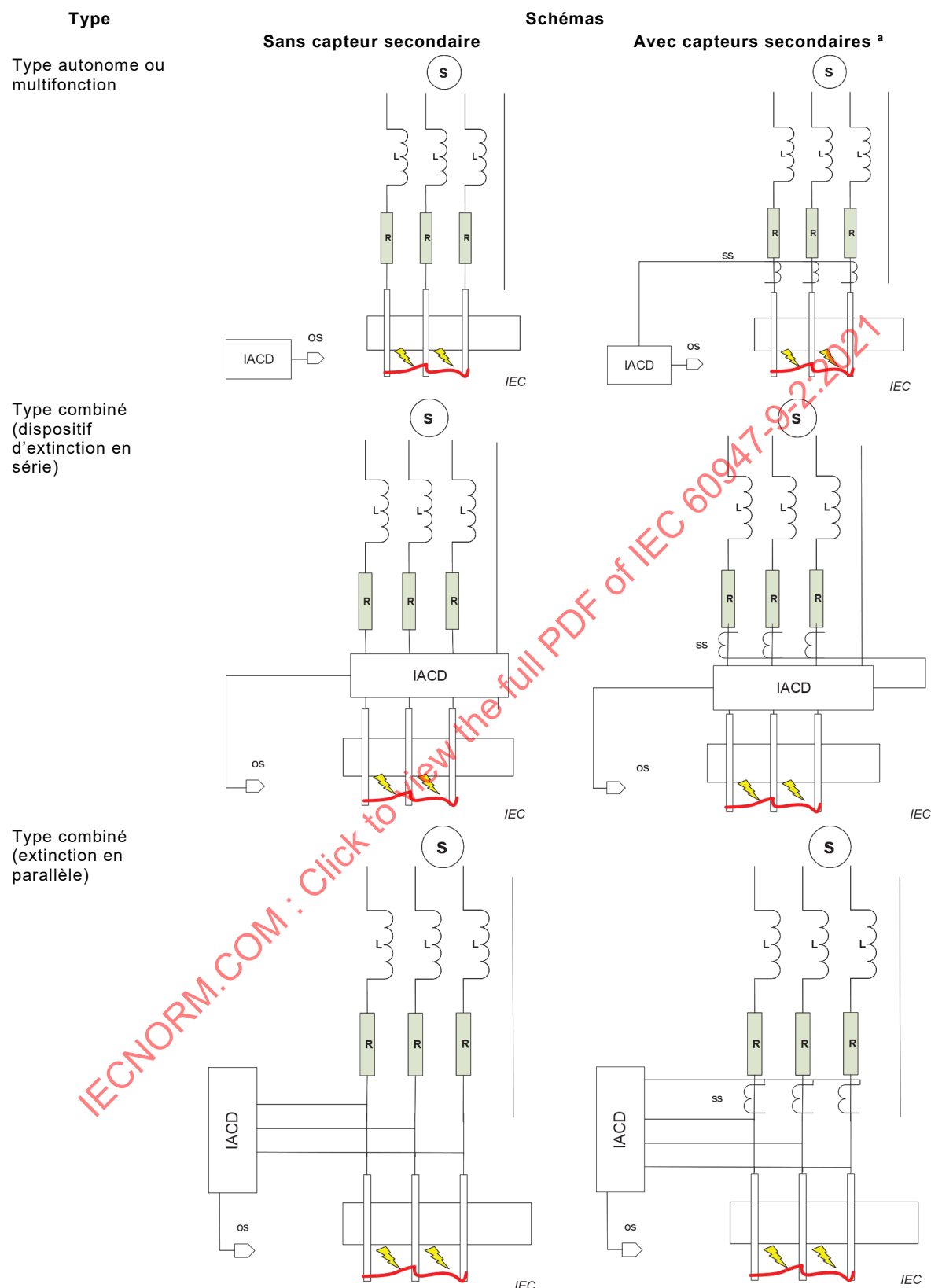
- os            capteur optique
- $U_1, U_2, U_3$     tension entre phases
-     autre position des capteurs de courant (voir la Note)

**Figure 8 – Méthode d'essai**

L'extinction est réalisée lorsque:

- Figure 8 a): le courant de ligne s'annule et reste égal à zéro;
- Figure 8 b): la différence entre le courant amont et le courant circulant dans l'IACD est et reste égale à zéro

Le temps de référence pour les mesurages doit être déterminé conformément à l'Annexe C.



NOTE Le capteur optique (os), même s'il est identifié comme un composant séparé, fait partie de l'IACD.

<sup>a</sup> Les capteurs secondaires peuvent être intégrés dans l'IACD ou séparés d'un IACD.

#### Légende

- S source
- os capteur optique
- ss capteur secondaire
- L,R réactance et résistance supplémentaires du circuit d'essai

**Figure 9 – Essais de détection et d'extinction sous haute énergie – Principe de montage**

### 9.3.4.4.3 Conditions d'essai

Les essais doivent être effectués conformément au Tableau 5 ci-dessous et à l'Annexe B.

**Tableau 5 – Conditions générales des essais sous haute énergie**

| Paramètre                                                                                                                                                  | Valeur                                             | Remarque                                                                                                                         |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Nombre d'échantillons <sup>a</sup>                                                                                                                         | Selon les instructions du fabricant, 1 par défaut. | Sauf remplacement, après chaque fonctionnement ou un nombre défini d'essais individuels exigé par les instructions du fabricant. |
| Nombre d'essais individuels                                                                                                                                | 1, sauf exigence spécifique du fabricant.          |                                                                                                                                  |
| <sup>a</sup> Pour optimiser les essais, plusieurs IACD de type autonome ou multifonction peuvent être soumis aux essais pendant la même séquence d'essais. |                                                    |                                                                                                                                  |

### 9.3.4.4.4 Critères de résultat des essais

Combiné à un disjoncteur, le courant de phase permet de déterminer le temps d'extinction, la tension de source étant maintenue pendant une durée suffisante. Voir C.5.

Combiné à un AQD, le temps d'extinction est la différence de temps entre  $t_0$  et l'instant auquel tous les courants de phase de l'AQD deviennent et restent égaux à zéro, ou l'instant auquel la différence de courant entre la source et l'AQD devient et reste égale à zéro.

Les critères suivants doivent être satisfaits:

- la valeur du temps de détection de chaque sortie (le cas échéant), ou (en variante, pour un IACD de type combiné) la valeur du temps d'extinction, doit être conforme aux spécifications du fabricant;
- lorsqu'il existe différents types de sorties (par exemple, NO ou NC, statique ou électromécanique...), les performances de chacun doivent être évaluées séparément si les spécifications de performances du fabricant sont différentes. Dans le cas contraire, toutes les sorties doivent être prises en considération pour mesurer la valeur maximale lors de chaque essai;
- à moins que les instructions du fabricant ne l'excluent clairement (par exemple, en exigeant le remplacement de l'IACD après un défaut d'arc), un essai fonctionnel (comme cela est spécifié par le fabricant) doit être effectué après l'essai et consigné dans le rapport d'essai;

NOTE 1 Cette séquence d'essai fonctionnel fait l'objet d'un accord entre le fabricant et le laboratoire d'essai.

NOTE 2 L'essai fonctionnel comprend la détection d'un ou de plusieurs capteurs défectueux, le cas échéant.

- le temps de verrouillage est conforme à la déclaration du fabricant (ce temps ne s'applique pas à l'IACD de type combiné);
- chaque fonctionnement de l'IACD est une conséquence de la détection d'un défaut d'arc;
- le réarmement doit être effectif après le fonctionnement.

Dans le cadre du présent document, une pointe de tension est utilisée pour déterminer  $t_0$  pour le mesurage du temps de détection et d'extinction. Elle permet un repérage précis pour le mesurage des performances d'un IACD. Voir C.3 pour la méthode appropriée.

### 9.3.5 Propriétés diélectriques

L'IACD doit être conforme à 9.3.3.4 de l'IEC 60947-1:2020.

### **9.3.6 Essai de CEM**

#### **9.3.6.1 Généralités**

Le paragraphe 9.4 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique avec les ajouts suivants.

L'IACD est considéré comme un produit adapté uniquement à l'environnement A de CEM.

L'environnement A concerne les réseaux/sites/installations non publics ou industriels à basse tension comprenant des sources fortement perturbatrices.

NOTE L'environnement A correspond aux matériels de classe A du CISPR 11 et du CISPR 32.

Les IACD de type combiné à disjoncteurs doivent être soumis à des essais de CEM conformément à F.2.2, F.3.2, F.4.2 à F.4.7, F.5 et à l'Annexe J de l'IEC 60947-2:2016 et de l'IEC 60947-2:2016/AMD1:2019.

Les IACD de type combiné à AQD doivent être soumis à des essais de CEM conformément à 9.3.2 de l'IEC 60947-9-1:2019.

Les IACD de type autonome et de type multifonction doivent être soumis à des essais conformes à 9.3.6.2 et 9.3.6.3.

Pour garantir, sur la base de cet essai de type, la conformité du matériel à la CEM pendant sa durée de vie utile, le fabricant doit examiner comment contenir les variations caractéristiques du matériel attendues dans les marges appropriées.

#### **9.3.6.2 Essais d'immunité aux perturbations électromagnétiques**

##### **9.3.6.2.1 Généralités**

Le paragraphe 9.4.2.1 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique.

##### **9.3.6.2.2 Décharges électrostatiques**

Le paragraphe 9.4.2.2 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique.

##### **9.3.6.2.3 Champs électromagnétiques rayonnés aux fréquences radioélectriques**

Le paragraphe 9.4.2.3 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique.

##### **9.3.6.2.4 Perturbations conduites, induites par les champs radioélectriques**

Le paragraphe 9.4.2.4 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique.

##### **9.3.6.2.5 Transitoires électriques rapides en salves (TER/S)**

Le paragraphe 9.4.2.5 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique.

##### **9.3.6.2.6 Surtensions**

Le paragraphe 9.4.2.6 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique.

##### **9.3.6.2.7 Champs magnétiques à la fréquence du réseau**

Le paragraphe 9.4.2.7 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique.

### 9.3.6.2.8 Creux et interruptions de tension

Le paragraphe 9.4.2.8 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique.

### 9.3.6.3 Essais d'émission aux perturbations électromagnétiques

Le paragraphe 9.4.3 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique avec les ajouts suivants.

Les essais d'émission doivent être effectués conformément au Tableau 6 ci-dessous.

**Tableau 6 – CEM – Essais d'émission**

| Description                                                   | Norme de référence    | Limites                         | Montage       |
|---------------------------------------------------------------|-----------------------|---------------------------------|---------------|
| Perturbations RF conduites<br>150 kHz à 30 MHz                | CISPR 11 <sup>c</sup> | Classe A, groupe 1 <sup>b</sup> | À l'air libre |
|                                                               | CISPR 32              | Classe A <sup>b</sup>           |               |
| Perturbations RF rayonnées<br>30 MHz à 1 000 MHz <sup>a</sup> | CISPR 11 <sup>c</sup> | Classe A, groupe 1 <sup>b</sup> | À l'air libre |
|                                                               | CISPR 32              | Classe A <sup>b</sup>           |               |

<sup>a</sup> Ne s'applique qu'aux matériels en essai équipés d'unités de traitement (par exemple, des microprocesseurs) ou aux alimentations à découpage fonctionnant à des fréquences supérieures à 9 kHz.

<sup>b</sup> L'environnement A de l'IEC 60947-1 correspond aux matériels de classe A du CISPR 11 et du CISPR 32. Les matériels de l'environnement A peuvent causer des interférences électromagnétiques lorsqu'ils sont installés dans l'environnement B. Le fabricant de matériels de l'environnement A doit déclarer le risque d'interférence électromagnétique dans la documentation du produit.

<sup>c</sup> L'essai, la méthode d'essai et le montage d'essai sont décrits à l'Article 7 du CISPR 11:2015 et du CISPR 11:2015/AMD1:2016.

### 9.3.7 Essais d'environnement

#### 9.3.7.1 Généralités

Le paragraphe Q.3.1 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique, avec les ajouts suivants:

L'IACD en essai doit comporter au moins un capteur optique de chaque type disponible pour l'IACD.

L'essai fonctionnel doit être effectué conformément aux spécifications du fabricant. Il est admis d'utiliser tout outillage.

Les essais aux vibrations et les essais aux chocs doivent être effectués successivement sur le même échantillon, dans l'ordre convenu avec le fabricant.

#### 9.3.7.2 Essai de chaleur humide

L'essai doit être effectué conformément à l'IEC 60068-2-30 (Essai Db) 2 cycles à 55 °C, Variante 2.

Un essai fonctionnel doit être effectué pendant les 2 premières heures du premier cycle à la température d'essai et pendant les 2 dernières heures du second cycle à la température d'essai.

Après une période de reprise de 24 h dans les conditions atmosphériques normales, le mesurage de la résistance d'isolement doit être effectué dans l'heure qui suit la reprise. La résistance d'isolement doit être mesurée entre chaque circuit et entre chaque circuit et la terre avec un matériel d'essai conforme à l'IEC 61557-2 (certains composants, par exemple pour la suppression des transitoires, peuvent devoir être déconnectés pour cet essai). Le Tableau 7 ci-dessous présente les conditions de l'essai de résistance d'isolement.

**Tableau 7 – Paramètres de l'essai de résistance d'isolement**

| Valeur maximale des tensions assignées de fonctionnement                                                                                       | Tension d'essai en courant continu         | Résistance d'isolement minimale |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------|
| Inférieure ou égale à 65 V                                                                                                                     | 2 × tension d'alimentation (24 V au moins) | 10 MΩ                           |
| Supérieure à 65 V                                                                                                                              | 500 V                                      | 100 MΩ <sup>a</sup>             |
| <sup>a</sup> Des valeurs inférieures sont acceptées pour les produits qui ont déjà été soumis à l'essai selon 10.6.4.4 de l'IEC 60255-27:2013. |                                            |                                 |

Après l'essai de chaleur humide, l'IACD doit être vérifié par un essai fonctionnel (après une durée minimale de reprise).

### 9.3.7.3 Essai aux vibrations

L'essai aux vibrations doit être effectué conformément à l'IEC 60068-2-6, Essai Fc dans les conditions spécifiées au Tableau 8 suivant:

**Tableau 8 – Paramètres de l'essai aux vibrations**

| Plage de fréquences                       | Déplacement | Accélération |
|-------------------------------------------|-------------|--------------|
| 2 <sup>+3</sup> <sub>0</sub> Hz à 13,2 Hz | ± 1 mm      | -            |
| 13,2 Hz à 100 Hz                          | -           | ± 0,7 g      |

Conditions d'essai:

- durée dans le cas de condition de non-résonance: 90 min à 30 Hz;
- durée à chaque fréquence de résonance pour laquelle  $Q \geq 2$  est détecté: 90 min;
- les essais doivent être effectués selon trois plans mutuellement perpendiculaires;
- en règle générale, un facteur d'amplification  $Q \leq 10$  est considéré comme étant acceptable. Les valeurs supérieures à 10 doivent être déclarées dans la documentation du fabricant;
- les fréquences critiques correspondent à un domaine de fréquences de résonance où le facteur d'amplification est supérieur à 2 sans interruption;
- dans le cas de plusieurs fréquences de résonance dans une plage de 0,8 à 1,2 (balayage) fois les fréquences critiques, la durée de l'essai doit être de 120 min avec une accélération de 0,7 g.

Résultats obtenus par une surveillance continue: pendant l'essai aux vibrations, une ouverture ou une fermeture non intentionnelle des contacts de plus de 3 ms est considérée comme un échec, à moins qu'une durée plus longue ne soit déclarée par le fabricant dans sa documentation.

La durée d'interruption définie (rebonds) peut causer des problèmes dans certaines applications (par exemple, surveillance par contrôleur logique programmable équipé d'entrées à haute vitesse), cette caractéristique doit être prise en considération dans l'application.

Après l'essai aux vibrations, l'IACD doit être vérifié par un essai fonctionnel (voir 9.3.9).

### 9.3.7.4 Essai aux chocs

L'essai aux chocs doit être effectué conformément à l'IEC 60068-2-27, Essai Ea dans les conditions suivantes:



Trois chocs positifs et négatifs, appliqués dans chaque direction de trois axes mutuellement perpendiculaires:

- forme d'impulsion: demi-sinusoïdale;
- accélération de crête:  $100 \text{ m/s}^2$ ;
- durée de l'impulsion: 11 ms.

Après l'essai aux chocs, l'IACD doit être vérifié par un essai fonctionnel.

### 9.3.8 Essais d'échauffement

Le paragraphe 9.3.3.3 de l'IEC 60947-1:2020 s'applique, avec l'ajout suivant.

Les parties transportant le courant dont la valeur assignée est inférieure à 0,5 A ne sont pas concernées par ces essais.

### 9.3.9 Essais fonctionnels

Les méthodes suivantes sont dites acceptables, au choix du fabricant:

- routine d'essai automatique intégrée (permanente ou à la demande);
- banc d'essai mobile (pour la simulation de la lumière et du courant);
- toute autre solution fournie par le fabricant et acceptée par le laboratoire.

Le critère d'essai est la capacité d'un IACD à fonctionner comme prévu.

Les résultats des essais fonctionnels doivent être consignés dans le rapport d'essai.

## 9.4 Essais individuels de série

### 9.4.1 Généralités

Se reporter à 3.8.2 de l'IEC 60947-1:2020 et à 9.1.3 de l'IEC 60947-1:2020 pour la définition des essais individuels de série.

Ce sont des essais réputés vérifier, sur chaque produit avant sa mise en service, les exigences essentielles suivantes:

- les exigences fonctionnelles;
- les exigences de sécurité.

Ils sont généralement effectués au dernier stade de la fabrication, mais sont laissés à la discrétion du fabricant.

Ils ne sont pas destinés à:

- vérifier les performances déclarées par le fabricant;
- démontrer un quelconque niveau de sensibilité ou d'immunité;
- couvrir toutes les combinaisons de paramètres, de matériels et de logiciels;
- couvrir toutes les plages de tensions d'alimentation, de courants d'entrée.

Aucun autre essai individuel de série pour les exigences de sécurité (9.4.3) n'est jugé nécessaire pour les IACD de type combiné conformes à la norme de produit qui leur est associée.

Lorsque la conformité n'est pas démontrée, les exigences de sécurité sont couvertes en effectuant les essais de 8.4 de l'IEC 60947-2:2016 (pour les IACD de type combiné en série) et 9.4 de l'IEC 60947-9-1:2019 (pour les IACD de type combiné en parallèle).

#### 9.4.2 Exigences fonctionnelles

Pour ces essais, la composition minimale acceptable de l'IACD peut être comme suit:

- un capteur optique;
- une alimentation électrique auxiliaire (le cas échéant) mise sous tension à la valeur nominale assignée;
- une sortie surveillée, choisie au hasard;
- le cas échéant, un TC (transformateur de courant) externe.

NOTE 1 Des configurations complexes peuvent être acceptées.

En outre, ce qui suit est autorisé:

- simulation du courant secondaire (soit par Ampère x tour à l'aide d'un TC, soit par injection secondaire pour simuler un TC, soit par simulation logicielle complète);
- simulation de la lumière d'arc par une méthode appropriée (par exemple, une source lumineuse permanente telle que la lampe au xénon, ou par la méthode de simulation de la lumière d'arc).

L'essai suivant s'applique:

- simple vérification du fonctionnement de l'IACD lorsque toutes les conditions (lumière et courant, le cas échéant) sont satisfaites;
- simple vérification du non-fonctionnement de l'IACD lorsque la condition "lumière" n'est pas satisfaite;
- en variante (et uniquement pour le type multifonction), vérification des composants matériels supplémentaires concernés (par exemple, TC, entrées optiques, contacts) sans vérifier par essai le fonctionnement.

NOTE 2 Par "fonctionnement de l'IACD", il faut entendre "changement d'état".

#### 9.4.3 Exigences de sécurité

Les conditions d'essai doivent être conformes à 9.3.3.4.1, point 1), de l'IEC 60947-1:2020.

NOTE Toutes les entrées/sorties des IACD de type autonome ou multifonction sont couvertes par les "circuits de commande et auxiliaires" de l'IEC 60947-1.

La méthode d'essai doit être celle décrite aux points a), b) ou c) ci-dessous, au choix du fabricant:

a) Deux essais doivent être effectués:

1) Tension de tenue aux chocs

La tension d'essai ne doit pas être inférieure à la plus grande des deux valeurs suivantes: 30 % de la tension assignée de tenue aux chocs (sans facteur de correction d'altitude) ou la valeur de crête correspondant à  $2 \times U_i$ , et

2) Tension de tenue à fréquence industrielle

L'appareillage d'essai doit être le même que celui indiqué au point 3) b) de 9.3.3.4.1 de l'IEC 60947-1:2020, sauf que le seuil de surintensité de déclenchement doit être réglée à 25 mA. Cependant, le fabricant peut, pour des raisons de sécurité, utiliser un appareillage d'essai de puissance inférieure ou de réglage de déclenchement plus bas, mais le courant de court-circuit de l'appareillage d'essai doit être au moins égal à huit fois le réglage de déclenchement du relais de surintensité, par exemple pour un

transformateur avec un courant de court-circuit de 40 mA, le réglage de déclenchement maximal du relais de surintensité doit être  $5 \text{ mA} \pm 1 \text{ mA}$  ( $5 \pm 1$ ) mA.

La valeur de la tension d'essai doit être  $2 \times U_e$  max, avec au moins 1 000 V en valeur efficace, appliquée pendant au moins 1 s. Le relais de surintensité ne doit pas se déclencher.

- b) Un essai à fréquence industrielle unique conformément au point a) 2) ci-dessus, à une tension d'essai telle que la valeur de crête de l'onde sinusoïdale corresponde à la plus élevée des valeurs de crête de ce qui suit: 30 % de  $U_{imp}$ ,  $2 \times U_i$ ,  $2 \times U_e$  max ou 1 000 V en valeur efficace.
- c) Un essai de résistance d'isolement à 500 V en courant continu. La résistance d'isolement ne doit pas être inférieure à 1 MΩ en tout point.

En outre, un IACD comportant des parties conductrices accessibles qui peuvent être sous tension en cas de condition de premier défaut doit être soumis à un essai de continuité à faible courant pour vérifier sa liaison avec la borne du conducteur de protection.

## 10 Rapport d'essai

En ce qui concerne les essais effectués conformément à l'Annexe A et à l'Annexe B, les informations suivantes doivent figurer dans le rapport d'essai:

- le nom ou la marque de fabrique du fabricant de l'IACD;
- la désignation du type ou référence;
- le ou les numéros de série;
- toutes les caractéristiques vérifiées par l'essai ou les essais;
- les réglages, les paramètres, la configuration pour chaque essai;
- la référence du capteur optique et du ou des TC associés (le cas échéant);
- la référence de l'alimentation électrique auxiliaire (le cas échéant);
- le type et le nombre de sorties soumises à l'essai, et la configuration associée (le cas échéant);
- le réglage de la sensibilité à la lumière (le cas échéant);
- pour les essais sous basse énergie (voir l'Annexe A):
  - les conditions d'environnement;
  - la disposition des connexions de l'enceinte d'essai d'arc par rapport à la source d'énergie;
  - la description avec photos et/ou dessins indiquant les principales dimensions, les informations détaillées relatives à la configuration mécanique et électrique, y compris les capteurs optiques et de courant;
  - les performances mesurées pour chaque fonctionnement;
  - le résultat des essais fonctionnels;
  - les essais répétés lorsqu'ils sont considérés comme nuls;
  - tout remplacement de fibre optique ou de capteur optique;
  - le nombre d'échantillons lorsqu'il est supérieur à 1;
- pour les essais sous haute énergie (voir l'Annexe B):
  - les conditions d'environnement;
  - la disposition des connexions d'essai par rapport à la source d'énergie et le ou les points d'amorçage de l'arc (des arcs);

- la description avec photos et/ou dessins indiquant les principales dimensions et les informations détaillées relatives à la configuration mécanique et électrique, y compris les capteurs optiques et de courant;
  - le résultat des essais fonctionnels;
  - tout remplacement de fibre optique ou de capteur optique;
  - la durée de l'arc si elle diffère de la valeur normalisée, et toute utilisation de dispositif de limitation fourni par le laboratoire;
- pour l'étalonnage, des oscillogrammes indiquant le ou les courants de source présumés et la ou les tensions de source;
  - pour chaque essai, des oscillogrammes indiquant le ou les courants de source réels et la ou les tensions d'arc et toute autre information relative à la caractéristique évaluée (par exemple, la sortie de déclenchement de l'IACD);
  - l'évaluation des résultats d'essai.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60947-9-2:2021

## Annexe A (normative)

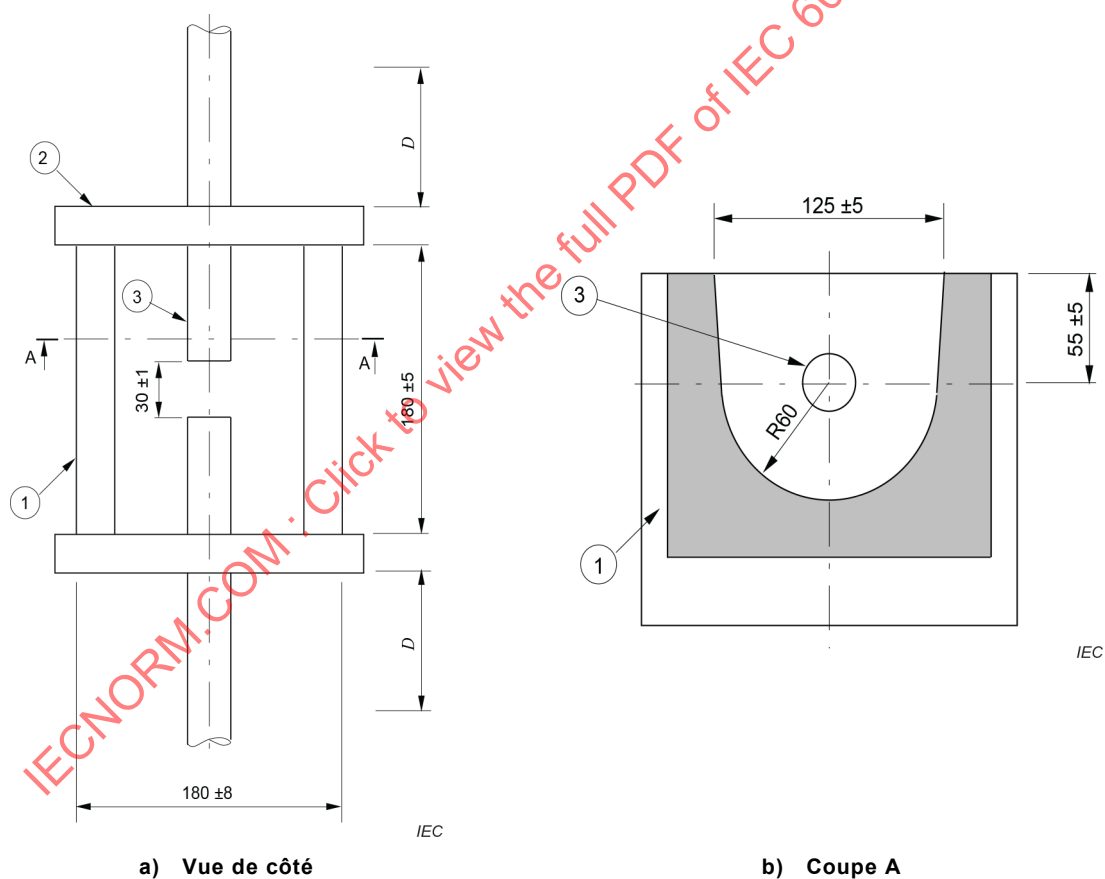
### Essais de détection sous arcs à basse énergie

#### A.1 Généralités

Les essais sous basse énergie doivent être effectués en utilisant l'enceinte d'essai d'arc, telle que définie dans l'IEC 61482-1-2:2014 (voir la Figure A.1 a) et la Figure A.1 b)).

En outre, les modifications suivantes s'appliquent:

- les électrodes doivent être en cuivre;
- le raccordement des câbles peut être simplifié (le rayon de courbure des câbles de connexion n'est pas spécifié tant que l'arc ne s'éteint pas);
- le choix des matériaux peut être étendu à d'autres matériaux résistants à la chaleur et non conducteurs.



NOTE 1 L'intervalle d'arc de 30 mm ne peut pas être corrélé avec l'utilisation finale du produit, laquelle corrélation relève du domaine d'application de l'IEC TS 63107.

NOTE 2 Toutes les distances sont en millimètres.

[SOURCE: IEC 61482-1-2:2014, Figure 1 et Figure 2, modifiée]

#### Légende

- 1 matériau non conducteur résistant à la chaleur (plâtre)
- 2 plaque isolante, épaisseur > 15 mm
- 3 électrodes  $\varnothing$  25 mm  $\pm$  1 mm (cuivre)
- D distance de connexion, longueur > 100 mm

**Figure A.1 – Schéma de l'enceinte d'essai d'arc**

## A.2 Circuit d'essai électrique, électrodes et paramètres de l'arc

### A.2.1 Circuit d'essai électrique

Le circuit d'essai doit être conforme au Tableau A.1 ci-dessous.

**Tableau A.1 – Caractéristiques du circuit d'essai**

| Paramètre                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Valeur                       |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|
| Tension et fréquence d'essai <sup>a, b</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                           | 45 Hz à 65 Hz<br>400 V ± 5 % |
| Cos (Φ)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 0,5 <sub>0,1</sub>           |
| Angle de fermeture de la source                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 90° ± 10°                    |
| <sup>a</sup> Le présent document ne couvre pas les applications ou les caractéristiques assignées en courant continu. Il ne définit donc pas les essais en courant continu.<br><sup>b</sup> Ces valeurs ne sont pas réputées reproduire la tension ou fréquence assignée des réseaux sur lesquels l'IACD est installé. |                              |

### A.2.2 Étalonnage du circuit d'essai

Le circuit doit être étalonné en mesurant la valeur du courant de court-circuit (présupposé) boulonné.

### A.2.3 Électrodes

Les électrodes en forme de barreau doivent avoir un diamètre de 25 mm ± 1 mm.

Les électrodes supérieures et inférieures doivent être en cuivre électrolytique (d'une pureté d'au moins 99,5 %).

Les électrodes doivent avoir des faces planes (90° ± 5° par rapport à l'axe central de l'électrode).

### A.2.4 Fil d'amorçage

Un fil d'amorçage tel qu'il est défini dans le Tableau A.2 doit être utilisé pour amorcer l'arc. Le fil doit être connecté électriquement aux deux électrodes. Le fil fond pendant l'essai. Par conséquent, sa masse doit rester faible afin de réduire le plus possible les effets sur les essais.

Un fil d'amorçage torsadé à brins multiples n'est pas autorisé.

**Tableau A.2 – Spécifications du fil d'amorçage**

| Paramètre                                                                                                                                                            | Valeur                                     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| Matériau du fil d'amorçage                                                                                                                                           | Cuivre <sup>a</sup>                        |
| Taille du fil d'amorçage                                                                                                                                             | Ø 0,4 mm (0,125 mm <sup>2</sup> ) / AWG 26 |
| NOTE N'importe quel moyen pratique (par exemple, le collage avec du ruban de cuivre adhésif) peut servir à connecter le fil d'amorçage sur ou autour des électrodes. |                                            |
| <sup>a</sup> Le cuivre est considéré comme représentant d'autres matériaux potentiels impliqués dans l'arc électrique (par exemple, l'acier, l'aluminium).           |                                            |

### A.2.5 Valeurs électriques de l'arc

L'arc doit être surveillé conformément au Tableau A.3.

**Tableau A.3 – Paramètres de l'arc**

| Paramètre                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Valeur                                                           | Remarque                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Intervalle d'arc                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 30 mm ± 1 mm                                                     | Vérification, par exemple, à l'aide d'un pied à coulisse à 3 niveaux.                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Valeur du courant d'arc                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 10 <sup>0</sup> <sub>-1</sub> kA en valeur efficace <sup>c</sup> | Valeur du courant présumé (défaut boulonné).<br>Lorsque cette valeur est réglable, l'essai doit être répété comme suit:<br>– $I_{as}$ min<br>– $I_{as}$ max ou réglage maximal autorisé de $I_{as}$ en dessous de 10 <sup>0</sup> <sub>-1</sub> kA en valeur efficace <sup>c</sup> , la plus élevée des deux valeurs étant retenue. |
| Orientation de l'arc                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Verticale                                                        | Lorsque les capteurs ne sont pas sensibles à l'orientation de l'arc, l'orientation horizontale est également acceptée.                                                                                                                                                                                                              |
| Durée de l'arc <sup>a, d</sup> (pour le dispositif de type autonome ou multifonction)                                                                                                                                                                                                                                                             | Demi-période de la composante fondamentale                       | Accord entre l'utilisateur et le fabricant lorsque l'arc est maintenu pendant une durée plus longue, par exemple lorsque cela est nécessaire du fait d'un retard volontaire ou d'un seuil intentionnel de courant.                                                                                                                  |
| Durée de l'arc <sup>a, b</sup> (pour le dispositif de type combiné)                                                                                                                                                                                                                                                                               | Deux fois le temps d'extinction maximal                          | Accord entre l'utilisateur et le fabricant lorsque l'arc est maintenu pendant une durée plus longue, par exemple lorsque cela est nécessaire du fait d'un retard volontaire ou d'un seuil intentionnel de courant.                                                                                                                  |
| <sup>a</sup> Si l'arc s'éteint après la confirmation de la détection, l'essai est réussi.<br><sup>b</sup> Si l'arc s'éteint en raison des mesures de limitation, l'essai est réussi.<br><sup>c</sup> Ou toute valeur inférieure, lorsque le fabricant la déclare (voir 5.2).<br><sup>d</sup> La continuité de l'arc doit être vérifiée selon C.4. |                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |

**A.2.6 Conditions d'environnement**

Les essais doivent être effectués conformément au Tableau A.4.

**Tableau A.4 – Conditions d'environnement**

| Paramètre                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Valeur       | Remarque                                                                                            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Valeur d'éclairement ambiant <sup>a, b</sup>                                                                                                                                                                                                                                                           | 300 lx (max) | Pas d'enceinte spécifique de type "boîte noire" obligatoire, à la discrétion du laboratoire d'essai |
| Température ambiante <sup>c</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                      | 0 °C à 40 °C |                                                                                                     |
| <sup>a</sup> La valeur doit être consignée dans le rapport d'essai.<br><sup>b</sup> Toute autre valeur peut être admise, à condition qu'aucun fonctionnement incorrect ne soit constaté.<br><sup>c</sup> La température ambiante doit se situer dans les limites indiquées par le fabricant de l'IACD. |              |                                                                                                     |
| NOTE La pression atmosphérique, la durée entre les essais individuels et l'humidité relative sont considérées comme des paramètres d'essai non pertinents.                                                                                                                                             |              |                                                                                                     |

**A.2.7 Conditionnement des objets en essai**

Aucun conditionnement des capteurs n'est exigé, sauf spécification contraire dans la documentation du fabricant.

## **A.3 Préparation et maintenance**

### **A.3.1 Préparation et conditionnement de l'enceinte d'essai**

Le circuit d'essai doit être ajusté pour satisfaire aux valeurs prévues du courant d'essai et de la durée d'arc d'essai.

Les électrodes doivent être positionnées de manière à obtenir un intervalle d'arc de 30 mm entre elles. Il convient de positionner le capteur au milieu de l'intervalle d'arc de 30 mm entre les électrodes à une distance  $D$ . La Figure A.2 et la Figure A.3 ci-dessous décrivent le schéma des essais du capteur ponctuel et de la fibre optique. Le fil d'amorçage qui relie les deux électrodes par la distance la plus courte possible doit être serré et le fil restant doit être coupé.

NOTE 1 Pour prévenir les conséquences d'arcs électriques intempestifs (voir C.7), il est possible d'utiliser du ruban de cuivre adhésif.

L'enceinte d'essai doit être préparée et conditionnée avant l'essai.

Le bloc en forme de U doit être noirci afin de réduire la réflexion. Cela peut se faire en utilisant un colorant noir avant le moulage du bloc en U ou en le peignant avant toute utilisation, et en procédant à une remise à neuf périodique. Aucune peinture ou pulvérisation ne doit polluer les électrodes. Dans le premier cas, prévoir un temps de séchage suffisant avant l'utilisation.

L'enceinte d'essai doit être nettoyée après chaque arc électrique. Les particules métalliques ou autres débris doivent être éliminés. L'enceinte doit être remplacée si elle ne satisfait pas aux tolérances de mesure indiquées dans le présent document.

NOTE 2 Le nombre maximal d'essais individuels par enceinte d'essai dépend du matériau et de la construction de l'enceinte.

### **A.3.2 Entretien et maintenance du matériel d'essai**

Les électrodes doivent être nettoyées par des moyens mécaniques après chaque essai d'arc. La surface doit être propre. Le métal fondu et les restes du fil d'amorçage doivent être retirés. Le nettoyage doit assurer un contact électrique adéquat entre les électrodes et le fil d'amorçage pour un allumage correct.

La distance nécessaire de  $30 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$  entre les électrodes doit être maintenue après chaque essai.

## **A.4 Conditionnement et positionnement des capteurs optiques**

Les conditions applicables aux deux types de capteurs optiques existants (c'est-à-dire les capteurs ponctuels et les capteurs à fibres optiques) sont décrites au Tableau A.5 et au Tableau A.6.

Les essais reposent sur l'hypothèse que les capteurs ponctuels ont un angle uniforme d'admission de la lumière. Dans tous les autres cas, les essais supplémentaires doivent faire l'objet d'un accord entre le fabricant et l'utilisateur.



**Tableau A.5 – Valeurs de positionnement des capteurs ponctuels**

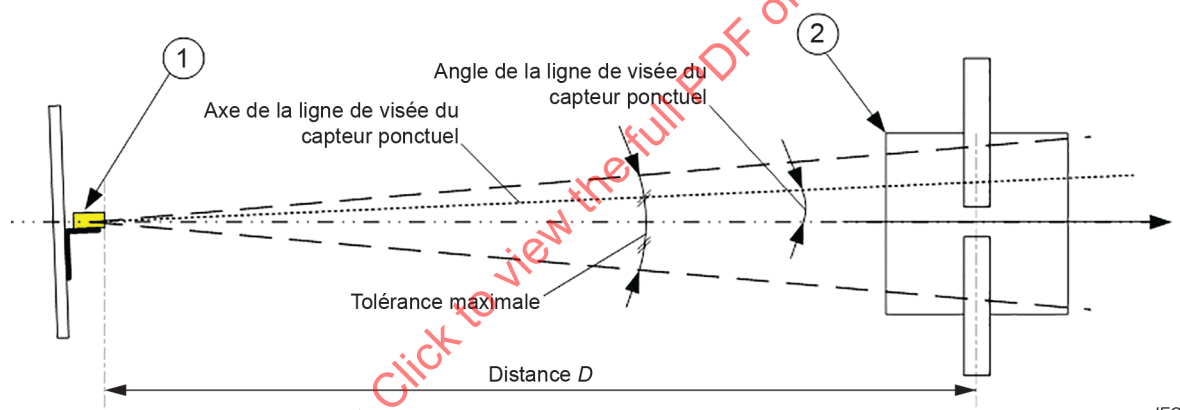
| Paramètre                                                   | Valeur                                                                                                                                   | Remarque                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|-------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Distance $D$ capteur ponctuel - arc                         | Distance maximale entre le capteur et l'arc (selon les spécifications du fabricant), avec une valeur maximale de 2 000 mm <sup>a</sup> . | La tolérance sur la distance est de $^{+5\%}_0$ .<br>Lorsque le fabricant indique de remplacer le capteur après chaque essai individuel, cela doit être consigné dans le rapport d'essai.<br>Lorsque la sensibilité à la lumière <sup>d</sup> est réglable, les deux valeurs de réglage extrêmes doivent être vérifiées par essai et les résultats doivent être consignés dans le rapport d'essai. Des essais supplémentaires peuvent être exigés par le fabricant. |
| Angle de la ligne de visée du capteur ponctuel <sup>b</sup> | $0^{\circ} \pm 15^{\circ}$ <sup>c</sup>                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |

<sup>a</sup> Cette distance peut être augmentée en vertu d'un accord entre le fabricant et l'utilisateur.

<sup>b</sup> L'angle de la ligne de visée du capteur ponctuel est l'angle entre la mi-distance théorique aux électrodes et l'axe réel de la ligne de visée du capteur tel qu'il est spécifié par le fabricant.

<sup>c</sup> Des essais supplémentaires à des valeurs plus élevées peuvent être effectués au choix du fabricant.

<sup>d</sup> Par "sensibilité maximale", il faut entendre la valeur de courant la plus faible, ou le réglage le plus bas, lorsqu'il/elle est réglable.



IEC

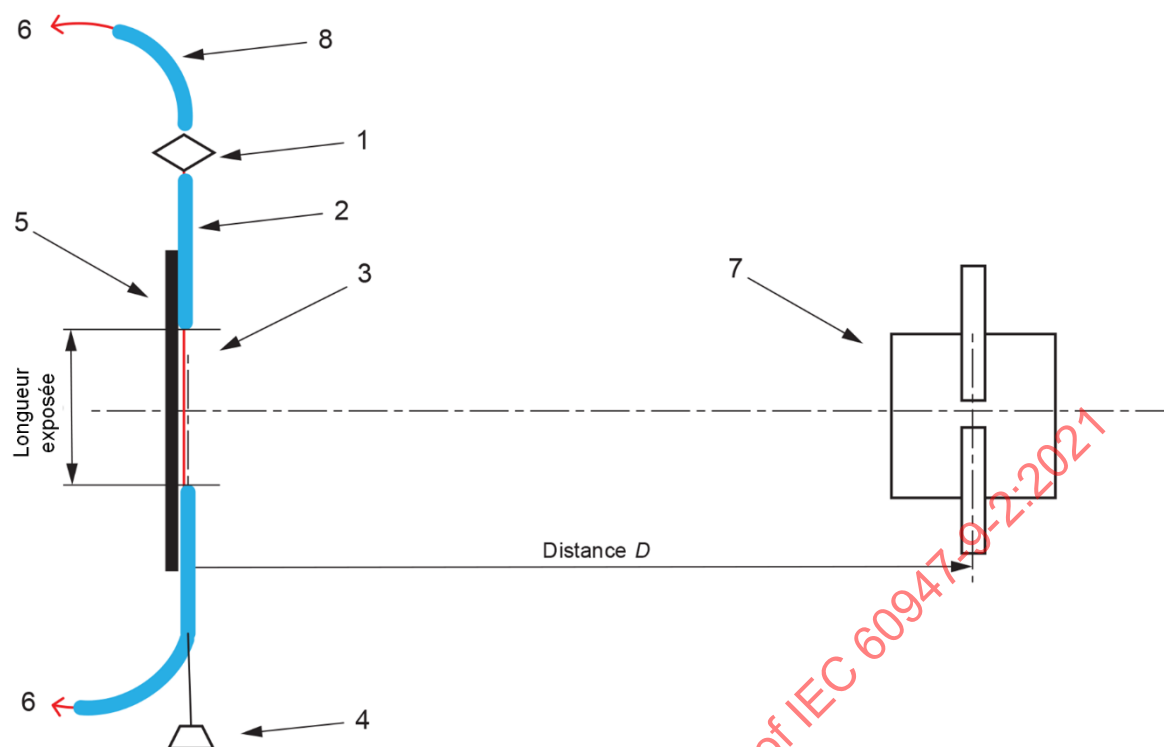
**Légende**

- 1 capteur optique ponctuel  
2 enceinte d'essai d'arc

**Figure A.2 – Principe de positionnement (cas d'essai d'un capteur ponctuel)**

**Tableau A.6 – Valeurs de positionnement des capteurs à fibres optiques**

| Paramètre                                                                                                         | Valeur                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Remarque                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Longueur exposée du capteur à fibres optiques                                                                     | <p>Section unique.</p> <p>À moins qu'une valeur différente ne soit exigée par le fabricant, exposer une longueur de fibre optique de 0,5 m centrée au milieu de l'intervalle d'arc.</p> <p>Cette longueur doit être placée à la plus grande distance de l'entrée optique de l'IACD permise par le fabricant.</p> | <p>La tolérance sur la longueur exposée est de <math>0_{-5\%}</math>.</p> <p>Aucune réflexion n'est permise. Un tube protège la longueur non exposée. Le fond est noirci pour éviter toute réflexion.</p>                                                                                             |
| Distance <i>D</i> entre l'arc et la longueur exposée du capteur à fibres optiques                                 | <p>La distance entre la mi-longueur exposée de la fibre et l'arc doit être fixée à la valeur maximale (selon les spécifications du fabricant), la distance maximale étant de 2 000 mm <sup>a</sup>.</p>                                                                                                          | <p>La tolérance sur la distance est de <math>+5\%_0</math>.</p> <p>La distance doit être consignée dans le rapport d'essai.</p> <p>Lorsque la fibre est endommagée, son remplacement est réputé être effectué conformément aux instructions du fabricant et est consigné dans le rapport d'essai.</p> |
| Forme de la longueur exposée du capteur à fibres optiques                                                         | <p>Droite verticalement.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                     | <p>La fixation en l'air ou sur une plaque de bois est autorisée pour la maintenir droite.</p> <p>Possibilité de fixer la partie "supérieure" et de lester la partie inférieure si nécessaire.</p>                                                                                                     |
| <p><sup>a</sup> Cette distance peut être augmentée si cela a été convenu entre le fabricant et l'utilisateur.</p> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |



IEC

**Légende**

- 1 point de fixation supérieur de la fibre optique
- 2 tube opaque (bleu)
- 3 longueur exposée de la fibre optique (rouge)
- 4 poids inférieur (facultatif)
- 5 fond (tableau noir)
- 6 vers l'IACD
- 7 enceinte d'essai d'arc
- 8 fibre optique en boucle (facultative)

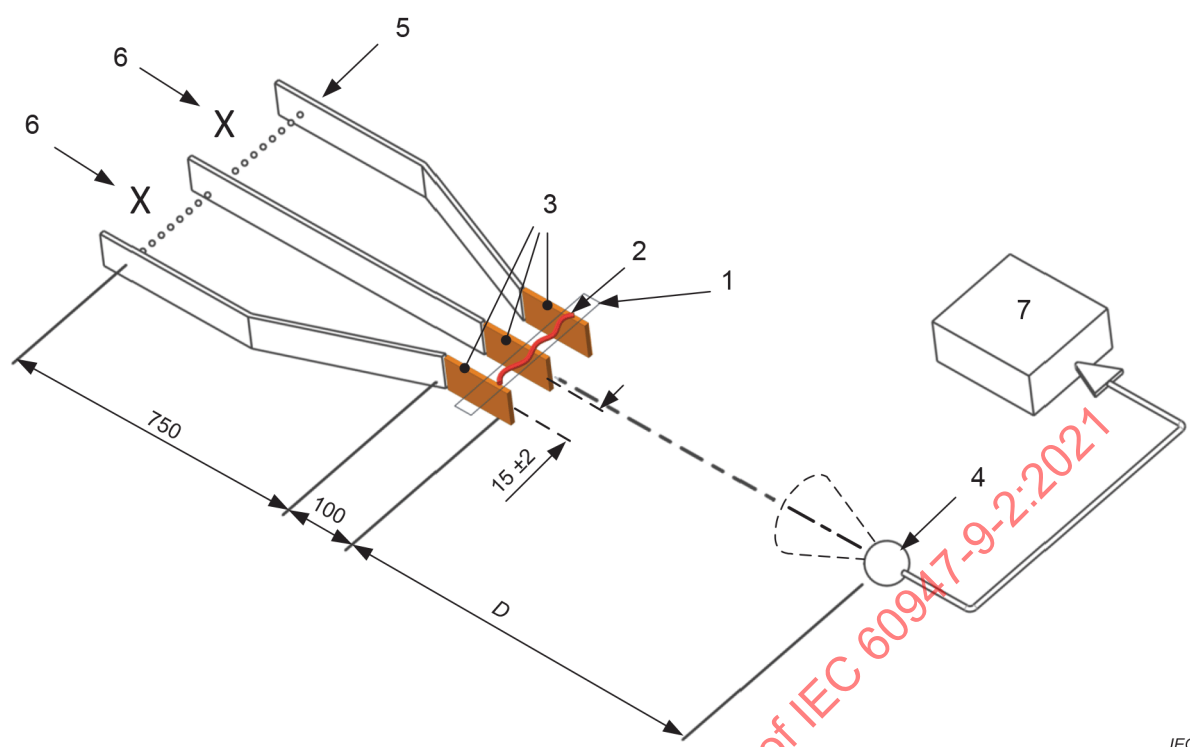
**Figure A.3 – Principe de positionnement (cas d'essai de la fibre optique)****A.5 Instructions de maintenance de l'IACD pendant la séquence d'essais**

Avant tout essai individuel, il doit être admis que le laboratoire d'essai réalise les opérations suivantes:

- examen visuel du capteur optique;
- nettoyage du capteur optique;
- remplacement du capteur optique (lorsqu'il est visiblement endommagé).

Toutes les opérations doivent être effectuées conformément aux instructions du fabricant, et le remplacement du capteur (le cas échéant) doit être consigné dans le rapport d'essai.





IEC

Sauf indication contraire du fabricant, la surface de détection du capteur optique doit pointer directement sur l'arc (voir le Tableau B.4).

NOTE Toutes les dimensions sont en millimètres.

#### Légende

- 1 zone de court-circuit
- 2 fil d'amorçage (rouge)
- 3 barres d'extrémité (orange): valeurs minimales de la section 6 mm x 75 mm
- 4 capteur optique
- 5 connexion à la source
- 6 connexion temporaire pour l'étalonnage (X)
- 7 IACD en essai

**Figure B.2 – Principe du montage triphasé en face à face (type autonome ou multifonction, vue de dessus)**

En partant de l'hypothèse que la distance  $D$  reste inchangée, le capteur de lumière peut être installé dans n'importe quelle position, quel que soit l'axe du jeu de barres (voir la Figure B.5).

Les intervalles d'arc entre les barres de cuivre dans la zone d'amorçage d'arc doivent être de  $15 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$ .

#### B.2.2 Produit soumis à l'essai (IACD de type combiné)

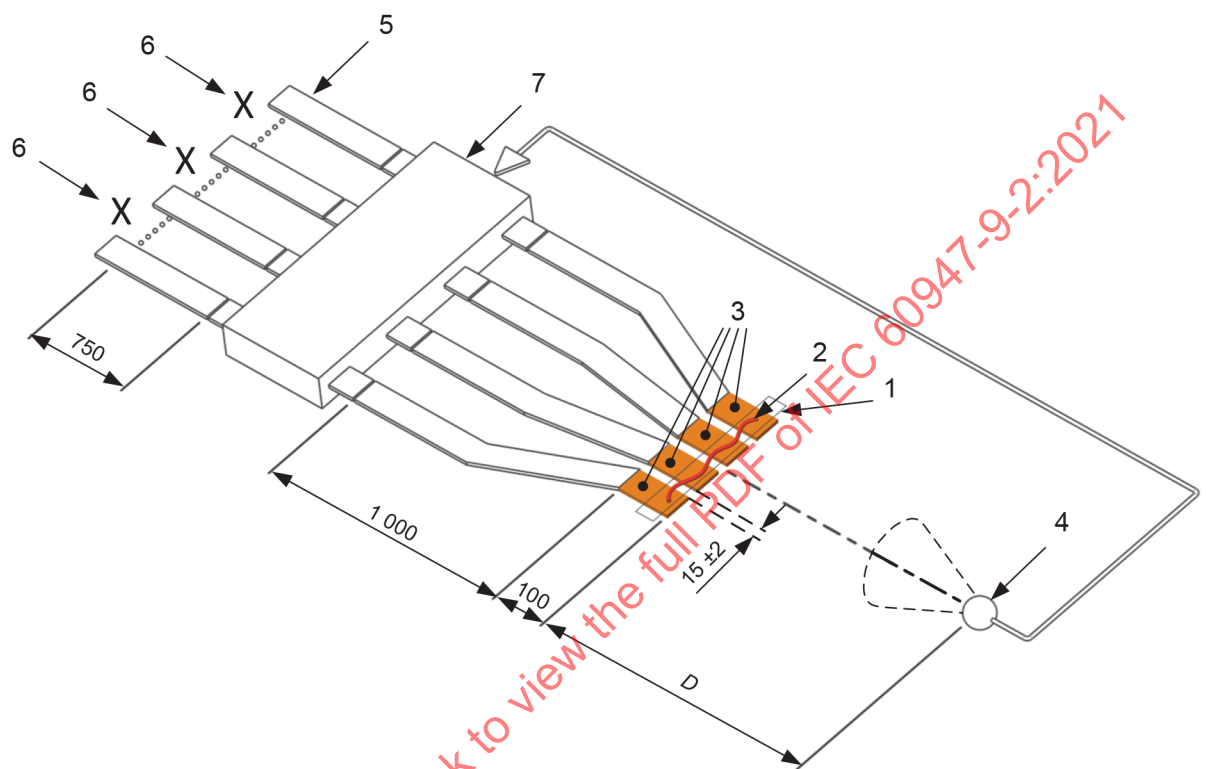
Principe: le défaut d'arc doit être amorcé entre le jeu de barres en cuivre triphasé bord à bord, par court-circuitage à l'aide d'un fil d'amorçage (voir la Figure B.3 et la Figure B.5). En variante, le jeu de barres en face à face dans la zone d'arc (a minima) sont acceptés (voir la Figure B.4 et la Figure B.6). L'un ou l'autre type de jeu de barres est admis.

En cas de nécessité pratique, il est possible d'installer l'IACD et/ou le jeu de barres verticalement, la longueur estimée du jeu de barres restant essentiellement inchangée.

Sauf exigence contraire du fabricant, s'assurer que le capteur optique n'est pas soumis involontairement à un arc de manœuvre (c'est-à-dire un arc normal associé à une commutation ou à une coupure, le cas échéant).

Lorsque l'IACD en essai est équipé d'une borne neutre, celle-ci doit être connectée, sauf convention contraire entre l'utilisateur et le fabricant.

NOTE Le neutre n'est pas réputé véhiculer des valeurs de courant significatives, et les laboratoires d'essai ne sont donc généralement pas équipés pour de tels essais.



IEC

Sauf indication contraire du fabricant, la surface de détection du capteur optique doit pointer directement sur l'arc (voir le Tableau B.4).

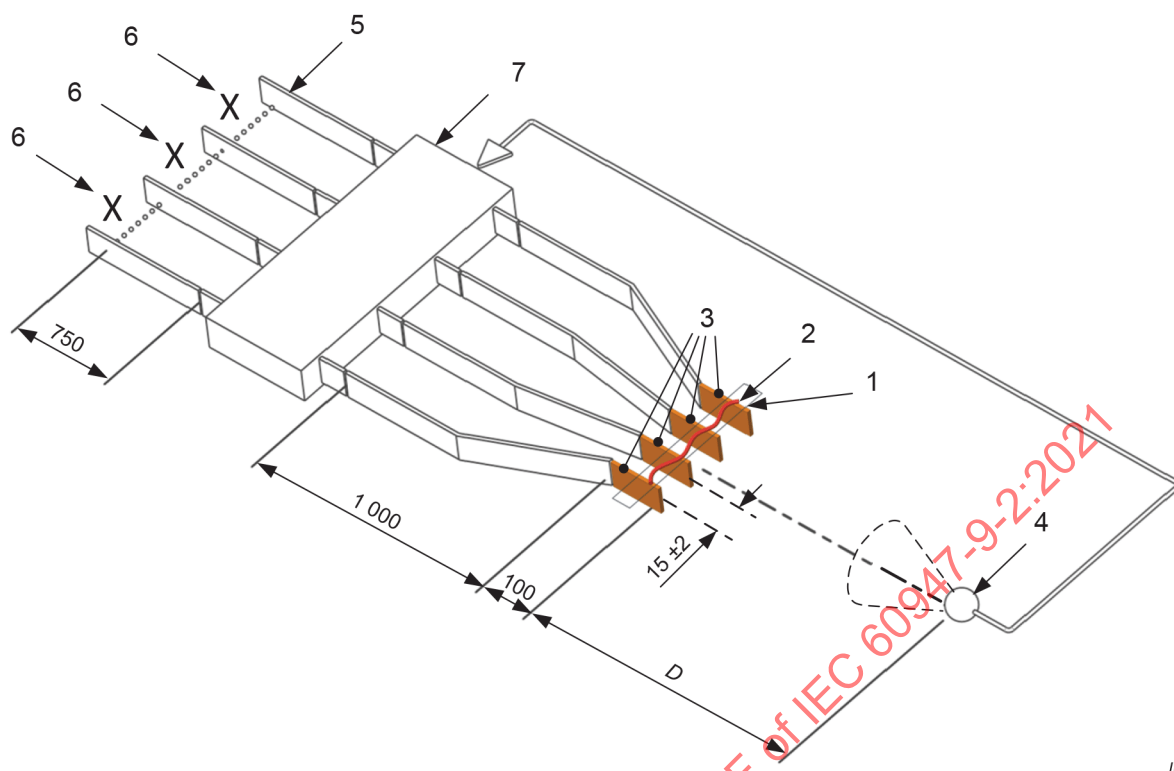
NOTE 1 Toutes les dimensions sont en millimètres.

NOTE 2 Cette présentation du principe en 3-D peut être modifiée pour tenir compte de la configuration de l'IACD en essai.

#### Légende

- 1 zone de court-circuit
- 2 fil d'amorçage (rouge)
- 3 barre d'extrémité (orange): valeurs minimales de la section 6 mm x 75 mm
- 4 capteur optique
- 5 connexion à la source
- 6 connexion temporaire pour l'étalonnage (X)
- 7 IACD en essai

**Figure B.3 – Principe du montage triphasé bord à bord (type combiné en série, vue de dessus)**



IEC

Sauf indication contraire du fabricant, la surface de détection du capteur optique doit pointer directement sur l'arc (voir le Tableau B.4).

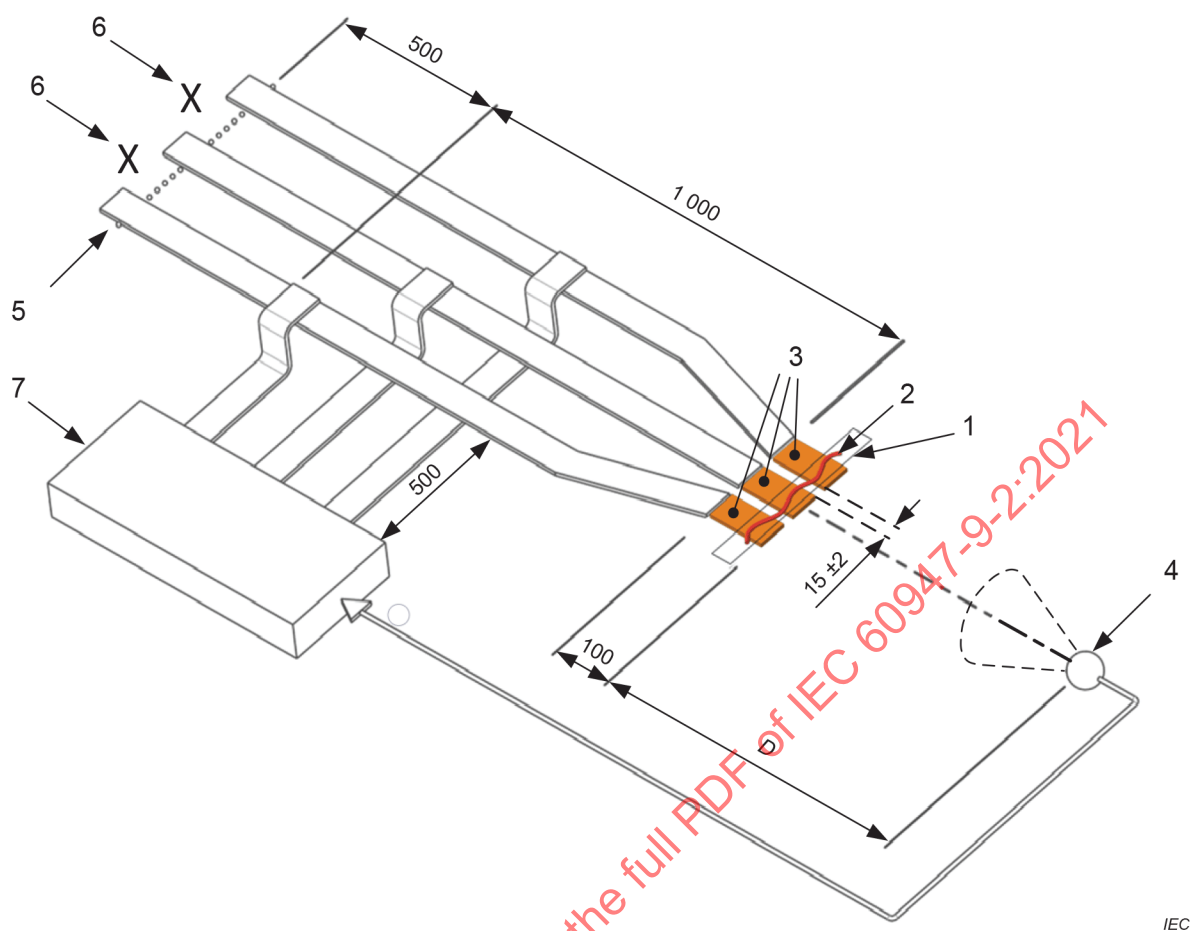
NOTE 1 Toutes les dimensions sont en millimètres.

NOTE 2 Cette présentation du principe en 3-D peut être modifiée pour tenir compte de la configuration de l'IACD en essai.

#### Légende

- 1 zone de court-circuit
- 2 fil d'amorçage (rouge)
- 3 barre d'extrémité (orange): valeurs minimales de la section 6 mm x 75 mm
- 4 capteur optique
- 5 connexion à la source
- 6 connexion temporaire pour l'étalonnage (X)
- 7 IACD en essai

**Figure B.4 – Principe du montage triphasé en face à face (type combiné en série, vue de dessus)**



Sauf indication contraire du fabricant, la surface de détection du capteur optique doit pointer directement sur l'arc (voir le Tableau B.4).

NOTE 1 Toutes les dimensions sont en millimètres.

NOTE 2 Cette présentation du principe en 3-D peut être modifiée pour tenir compte de la configuration de l'IACD en essai.

#### Légende

- 1 zone de court-circuit
- 2 fil d'amorçage (rouge)
- 3 barre d'extrémité (orange): valeurs minimales de la section 6 mm x 75 mm
- 4 capteur optique
- 5 connexion à la source
- 6 connexion temporaire pour l'étalonnage (X)
- 7 IACD en essai

**Figure B.5 – Principe du montage triphasé bord à bord (type combiné en parallèle, vue de dessus)**