

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Live working – Phase comparators –
Part 1: Capacitive type to be used for voltages exceeding 1 kV a.c.**

**Travaux sous tension – Comparateurs de phase –
Partie 1: Type capacitif pour usage sur des tensions alternatives de plus de 1 kV**

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61481-1:2014



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2014 IEC, Geneva, Switzerland

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

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

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

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

About the IEC

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

About IEC publications

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

IEC Catalogue - webstore.iec.ch/catalogue

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

IEC publications search - www.iec.ch/searchpub

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

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing more than 30 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in 14 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

More than 55 000 electrotechnical terminology entries in English and French extracted from the Terms and Definitions clause of IEC publications issued since 2002. Some entries have been collected from earlier publications of IEC TC 37, 77, 86 and CISPR.

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

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

A propos de l'IEC

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

A propos des publications IEC

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

Catalogue IEC - webstore.iec.ch/catalogue

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

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

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

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne de termes électroniques et électriques. Il contient plus de 30 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 14 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

Plus de 55 000 entrées terminologiques électrotechniques, en anglais et en français, extraites des articles Termes et Définitions des publications IEC parues depuis 2002. Plus certaines entrées antérieures extraites des publications des CE 37, 77, 86 et CISPR de l'IEC.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

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

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Live working – Phase comparators –
Part 1: Capacitive type to be used for voltages exceeding 1 kV a.c.**

**Travaux sous tension – Comparateurs de phase –
Partie 1: Type capacitif pour usage sur des tensions alternatives de plus de 1 kV**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

XC

ICS 13.260; 29.240.20; 29.260.99

ISBN 978-2-8322-1879-2

**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.....	6
INTRODUCTION.....	9
1 Scope.....	10
2 Normative references	10
3 Terms and definitions	11
4 Requirements	15
4.1 Indication	15
4.2 Functional requirements.....	16
4.2.1 Clear indication	16
4.2.2 Distance range	17
4.2.3 Clear perceptibility.....	17
4.2.4 Temperature and humidity dependence of the indication.....	17
4.2.5 Frequency dependence	18
4.2.6 Response time.....	18
4.2.7 Power source dependability.....	18
4.2.8 Testing element.....	18
4.2.9 Time rating	19
4.3 Electrical requirements	19
4.3.1 Insulating material	19
4.3.2 Protection against bridging	19
4.3.3 Resistance against sparking	19
4.3.4 Insulating element of phase comparator as a complete device.....	19
4.3.5 Indicator casing	19
4.4 Mechanical requirements	20
4.4.1 General	20
4.4.2 Design.....	20
4.4.3 Dimensions, construction.....	22
4.4.4 Grip force and deflection	23
4.4.5 Vibration resistance	23
4.4.6 Drop resistance	23
4.4.7 Shock resistance	23
4.5 Marking.....	23
4.6 Instructions for use	24
4.7 Requirements in the case of reasonably foreseeable misuse during live working.....	24
4.7.1 Voltage selection	24
4.7.2 Frequency selection	24
4.7.3 Channel selection for wireless connection	24
5 Tests	24
5.1 General.....	24
5.1.1 Testing provisions	24
5.1.2 Atmospheric conditions.....	25
5.1.3 Tests under wet conditions	25
5.1.4 Type test	25
5.1.5 Test methods.....	26
5.2 Function tests	26

5.2.1	Description of the test set-up and general pass criteria.....	26
5.2.2	Clear indication	32
5.2.3	Distance range for two-pole phase comparators with wireless connection	34
5.2.4	Electromagnetic compatibility (EMC)	34
5.2.5	Influence of electric interference fields.....	35
5.2.6	Clear perceptibility.....	37
5.2.7	Frequency dependence	45
5.2.8	Response time.....	46
5.2.9	Power source dependability.....	47
5.2.10	Check of testing element	47
5.2.11	Time rating of single-pole phase comparator	47
5.2.12	Time rating of two-pole wireless phase comparators.....	48
5.3	Dielectric tests	48
5.3.1	Insulating material for tubes and rods	48
5.3.2	Protection against bridging for indoor/outdoor type phase comparators	49
5.3.3	Protection against bridging for outdoor type phase comparator.....	52
5.3.4	Spark resistance.....	54
5.3.5	Leakage current for phase comparator as a complete device.....	56
5.4	Mechanical tests	58
5.4.1	Visual and dimensional inspection	58
5.4.2	Grip force and deflection for phase comparator as a complete device.....	59
5.4.3	Vibration resistance	59
5.4.4	Drop resistance	60
5.4.5	Shock resistance	61
5.4.6	Climatic resistance	61
5.4.7	Durability of markings.....	63
5.5	Test for reasonably foreseeable misuse during live working.....	63
5.5.1	Voltage selection (where relevant).....	63
5.5.2	Frequency selection (where relevant)	63
5.5.3	Channel selection for wireless connection (where relevant)	63
6	Conformity assessment of phase comparators having completed the production phase	64
7	Modifications	64
	Annex A (normative) Instructions for use	65
	Annex B (normative) Suitable for live working; double triangle (IEC 60417-5216 (2002-10)).....	67
	Annex C (normative) Chronology of type tests	68
	Annex D (normative) Classification of defects and tests to be allocated	70
	Annex E (informative) Information and guidelines on the use of the limit mark and of a contact electrode extension	72
	E.1 General.....	72
	E.2 Situation when using a phase comparator as a complete device	72
	E.3 Situation when using a phase comparator as a separate device.....	76
	Annex F (informative) Rationale for the classification of defects.....	78
	Annex G (informative) In-service care	80
	Bibliography.....	81

Figure 1 – Illustration of different elements and different principles of functioning of phase comparators	21
Figure 2 – Location of allowed conductive parts within the minimum length of the insulating element of a pole of a phase comparator as a complete device.....	22
Figure 3 – Test set-up for clear indication with the ball electrode in front of its ring electrode	28
Figure 4 – Test set-up for clear indication with the ball electrode behind its ring electrode	29
Figure 5 – Positioning of a pole of the phase comparator in relation to a ball and ring test arrangement.....	31
Figure 6 – Examples of suitable means for ensuring appropriate contact between a contact electrode and the ball electrode.....	31
Figure 7 – Test set-up for clear perceptibility of visual indication	38
Figure 8 – Test set-up for measurement of clear perceptibility of visual indication in the case of an indicator unit.....	40
Figure 9 – Test set-up for clear perceptibility of audible indication	42
Figure 10 – Test set-up for measurement of clear perceptibility of audible indication in the case of indicator units	44
Figure 11 – Test arrangements and dimensions of the bars for protection against bridging	49
Figure 12 – Electrical connection of the bars	51
Figure 13 – Surface stress test	51
Figure 14 – Radial and surface stress test	52
Figure 15 – Test arrangement for testing bridging protection of outdoor type phase comparator	54
Figure 16 – Arrangement for leakage current test under dry conditions for phase comparator as a complete device.....	57
Figure 17 – Arrangement for leakage current tests under wet conditions for phase comparator as a complete device.....	58
Figure 18 – Test for grip force	59
Figure 19 – Drop resistance test – Diagonal position	61
Figure 20 – Curve of test cycle for climatic resistance.....	62
Figure E.1 – Insulating element of a pole of a phase comparator as a complete device	72
Figure E.2 – Example of positioning of a pole of a phase comparator in contact with a live part without obstacles from other live parts.....	73
Figure E.3 – Example of incorrect positioning of a pole of a phase comparator with the limit mark between two live parts	74
Figure E.4 – Usual ways of managing the design or the use of the phase comparator for maintaining the insulation distance between the limit mark and the hand guard	75
Figure E.5 – Usual ways of managing the use of the phase comparator as a separate device for assuring the appropriate insulation for the worker.....	77
Table 1 – Climatic condition ranges	18
Table 2 – Minimum length of the insulating element (L_i) of a phase comparator as a complete device.....	22
Table 3 – Dimensioning of the ball and ring test set-up	30
Table 4 – Test series and conditions for clear indication	33
Table 5 – Test series and conditions for influence of electric interference fields.....	36

Table 6 – Type of test	49
Table 7 – Distance d_1 for the bridging test set-up	50
Table 8 – Dimensions for the concentric rings and band electrodes	52
Table C.1 – Sequential order for performing type tests ^a	68
Table C.2 – Type tests out of sequence	69
Table D.1 – Classification of defects and associated requirements and tests	70
Table E.1 – Recommended minimum lengths from the limit mark to the contact electrode (A_i)	75
Table F.1 – Rationale for the classification of defects	78
Table G.1 – In-service testing	80

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61481-1:2014

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**LIVE WORKING –
PHASE COMPARATORS –****Part 1: Capacitive type to be used for voltages exceeding 1 kV a.c.****FOREWORD**

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

International Standard IEC 61481-1 has been prepared by IEC technical committee 78: Live working.

This first edition, together with the first edition of IEC 61481-2, cancels and replaces the first edition of IEC 61481 published in 2001, Amendment 1:2002 and Amendment 2:2004. This edition constitutes a technical revision.

The major changes are:

- split of the standard in two parts;
- extension of the scope to include two-pole phase comparators operating with a wireless connection up to 245 kV a.c.;
- review of the requirements for indication;
- introduction of a requirement for a new marking “LU” for limited use;
- addition of requirements and tests for two-pole phase comparators operating with a wireless connection;
- clarification of the test procedures in case of additional contact electrodes, accessories and combination of accessories, as well as in case of family of phase comparators;
- addition of requirements and tests for electromagnetic compatibility (EMC);
- clarification of the test provisions for the function tests;
- clarification of the test procedure for clear perceptibility of audible indication;
- preparation of the elements of evaluation of defects, and general application of IEC 61318:2007;
- revision of existing annexes;
- change of existing normative Annex C in two new Annexes D and F giving the classification of defects (normative) and the rationale for the classification of defects (informative);
- deletion of existing Annex D, no longer needed following the specification of IEC 60068-2-75;
- deletion of existing Annex F, not applicable according to IEC 61318:2007;
- addition of a new informative Annex E giving additional information on the use of the limit mark and of a contact electrode extension.

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

FDIS	Report on voting
78/1051/FDIS	78/1087/RVD

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

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

In this standard terms defined in Clause 3 appear in *italics*.

A list of all parts of the IEC 61481 series, published under the general title *Live working – Phase comparators*, can be found on the IEC website.

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

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

The contents of the corrigendum of July 2015 have been included in this copy.

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 61481-1:2014

INTRODUCTION

This International Standard has been prepared in accordance with the requirements of IEC 61477.

Taking into consideration the two different functioning principles of portable *phase comparators* of capacitive type available on the market, the maximum a.c. *nominal voltage* to be associated with each of them has been considered for delimiting the scope of this standard.

The following table presents the rationale for the resulting maximum *nominal voltage* to be associated with each functioning principle of *phase comparator of capacitive type*.

Functioning principle	Maximum nominal voltage kV rms	Rationale
Single-pole <i>phase comparators</i> operating with a memory system	36	– With this principle of functioning, the <i>clear indication</i> of the <i>phase comparator</i> is limited by the <i>memory holding time</i>. – With higher <i>nominal voltages</i>, the distance between phases of the installation increases and the time necessary to move the pole of the <i>phase comparator</i> between the two parts to be compared becomes the limitation.
Two-pole <i>phase comparators</i> operating with a wireless connection	245	– With this principle of functioning, there is no theoretical limit for the maximum <i>nominal voltage</i>. – The definition of 245 kV corresponds to the present limit of validation of the electric test set-up.

The product covered by this standard may have an impact on the environment during some or all stages of its life cycle. These impacts can range from slight to significant, be short-term or long-term, and occur at the global, regional or local level.

In terms of environmental improvement, this standard includes neither requirements nor test provisions for the manufacturers of the product nor recommendations to the users of the product. However, all parties intervening in its design, manufacture, packaging, distribution, use, maintenance, repair, reuse, recovery and disposal are invited to take account of environmental considerations.

LIVE WORKING – PHASE COMPARATORS –

Part 1: Capacitive type to be used for voltages exceeding 1 kV a.c.

1 Scope

This part of IEC 61481 is applicable to portable *phase comparators* of capacitive type to be used on electrical systems for voltages exceeding 1 kV a.c. and frequencies of 50 Hz and/or 60 Hz.

This standard is applicable to:

- single-pole *phase comparators* of capacitive type operating with a memory system up to 36 kV a.c.,
- two-pole *phase comparators* of capacitive type operating with a wireless connection up to 245 kV a.c.

This standard is applicable to *phase comparators* of capacitive type used in contact with the bare conductive parts to be compared:

- as a complete device including its *insulating element* or
- as a separate device, adaptable to an *insulating stick* which, as a separate tool, is not covered by this standard.

NOTE Some parts such as the *contact electrode*, or the *insulating element* of a *phase comparator* as a complete device may be dismantled.

Some restrictions on their use are applicable in the case of factory-assembled switchgear and on overhead systems of electrified railways (see Annex A).

A device that is designed to provide other functions than phase comparison is a different device and is not covered by this standard. For example a device designed to be also used as a voltage detector is not covered by this standard (see Annex A).

Products designed and manufactured according to this standard contribute to the safety of users provided they are used by persons trained for the work, in accordance with the hot stick working method and the instructions for use.

Except when otherwise specified, all the voltages defined in this standard refer to phase-to-phase voltages of three-phase systems. In other systems, the applicable phase-to-phase or phase-to-earth (ground) voltages should be used to determine the operating voltage.

2 Normative references

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

CISPR 11, *Industrial, scientific and medical equipment – Radio-frequency disturbance characteristics – Limits and methods of measurement*

IEC 60060-1:2010, *High-voltage test techniques – Part 1: General definitions and test requirements*

IEC 60068-1, *Environmental testing – Part 1: General and guidance*

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

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

IEC 60068-2-31, *Environmental testing – Part 2-31: Tests – Test Ec: Rough handling shocks, primarily for equipment-type specimens*

IEC 60068-2-75, *Environmental testing – Part 2-75: Tests – Test Eh: Hammer tests*

IEC 60304, *Standard colours for insulation for low-frequency cables and wires*

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

IEC 60942, *Electroacoustics – Sound calibrators*

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

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

IEC 61260, *Electroacoustics – Octave-band and fractional-octave-band filters*

IEC 61318, *Live working – Conformity assessment applicable to tools, devices and equipment*

IEC 61326-1, *Electrical equipment for measurement, control and laboratory use – EMC requirements – Part 1: General requirements*

IEC 61477, *Live working – Minimum requirements for the utilization of tools, devices and equipment*

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

ISO 354, *Acoustics – Measurement of sound absorption in a reverberation room*

ISO 3744:2010, *Acoustics – Determination of sound power levels and sound energy levels of noise sources using sound pressure – Engineering method for an essentially free-field over a reflecting plane*

ISO 3745, *Acoustics – Determination of sound power levels and sound energy levels of noise sources using sound pressure – Precision methods for anechoic and hemi-anechoic rooms*

CIE 15, *Colorimetry*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC 61318, as well as the following apply.

3.1

accessory

supplementary item not necessary for the functioning of the *phase comparator* and provided by the manufacturer to facilitate its use under certain operating conditions

Note 1 to entry: An *accessory* is not considered as a part of a device. Without the *accessory*, the device is still functional. An item that is required each time a device is used is not an *accessory* but a part of the device which may be disassembled.

Note 2 to entry: For example an *accessory* is used to lengthen the handle, to improve the efficiency of the *contact electrode*, to enable the *contact electrode* to reach the parts to be compared, etc.

3.2

active signal

visual phenomenon, and optionally audible phenomenon, whose presence, absence or variation is considered as representing information on the condition “correct phase relationship” or “incorrect phase relationship”

Note 1 to entry: A signal indicating that the *phase comparator* is ready to operate is not considered as an *active signal*.

[SOURCE: IEC 60050-101:1998, 101-12-02, modified – the definition of “signal” has been modified to fit the specific context of diagnostic of phase relationship and Note 1 to entry has been added.]

3.3

adaptor

part of a *phase comparator* as a separate device which permits attachment of an *insulating stick*

3.4

clear indication

unambiguous detection and indication of “incorrect phase relationship” and/or “correct phase relationship” between the parts to be compared

3.5

clear perceptibility

case when the indication is unmistakably discernible by the user under specific environmental conditions when the *phase comparator* is in its operating position

3.6

contact electrode

bare conductive part of the *phase comparator* which establishes the electric connection to the part to be compared

3.7

contact electrode extension

externally insulated conductive part to enable the *contact electrode* to reach the parts of the installation to be compared

Note 1 to entry: For a certain installation configuration, the *contact electrode extension* is used to increase the *insertion depth* (see Figure 1d).

Note 2 to entry: The *contact electrode extension* is an *accessory* of the *phase comparator*.

3.8

end fittings

part of an *insulating stick* permanently fitted to the end of an insulating tube or rod

[SOURCE: IEC 60050-651:2014, 651-22-02]

3.9

family of phase comparators

for testing purposes, a group of *phase comparators*, delimited by a minimum and a maximum *rated voltage* and/or by the two frequencies (50 Hz and 60 Hz), that are identical in design (including dimensions) and only differ by their *nominal voltages* or *nominal voltage ranges* and/or their nominal frequency

3.10

hand guard

distinctive physical guard separating the handle of a *phase comparator* as a complete device from its *insulating element*

Note 1 to entry: The purpose of a *hand guard* is to prevent the hands from slipping and passing into contact with the *insulating element*.

3.11

indicator

part of the *phase comparator* that indicates the status of the phase relationship between two parts to be compared

Note 1 to entry: In the case of single-pole *phase comparators*, the *indicator* also indicates that the *phase comparator* is ready to be moved to the second part to be compared ("memory ready").

Note 2 to entry: In the case of two-pole-wireless *phase comparators*, the *indicator* also indicates the communication status.

3.12

indicator unit

additional unit of a two-pole *phase comparator* with wireless connection, normally intended to be hand-held and which is either an indicator or repeater that brings the indication and possibly other information close to the user

3.13

indoor type

phase comparator designed for use in dry conditions, normally indoors

3.14

insertion depth

A_i
distance between the *limit mark* and the top of the *contact electrode* for a *phase comparator* as a complete device

3.15

insulating element

part of a *phase comparator* as a complete device that provides adequate safety distance and insulation to the user

3.16

insulating stick

insulating tool made essentially of an insulating tube and/or rod with *end fittings*

Note 1 to entry: For phase comparison, an *insulating stick* is intended to be attached to a *phase comparator* as a separate device in order to provide the length to reach the installation to be tested and adequate safety distance and insulation to the user.

[SOURCE: IEC 60050-651:2014, 651-22-01, modified – the Note 1 to entry has been added.]

3.17

interference field

superposed electric field which may affect the indication

Note 1 to entry: The *interference field* may result from the parts to be compared or other adjacent parts and may have any phase relationship.

Note 2 to entry: The extreme cases for the tests are:

- an in-phase *interference field*. This occurs as a result of the dimensions and/or configuration of the parts of the installation to be compared or of adjacent parts of the installation having voltages in the same phase as the parts to be compared;
- an *interference field* in phase opposition. This occurs as a result of the adjacent parts of the installation having voltages in phase opposition to the parts to be compared.

3.18

limit mark

distinctive location or mark to indicate to the user the physical limit to which the *phase comparator* may be inserted between live parts or may touch them

3.19

maintenance test

test carried out periodically on a device or equipment to ascertain and, if necessary, make certain adjustments to ensure that its performance remains within specified limits

[SOURCE: IEC 60050-151:2001, 151-16-25, modified – the definition has been modified to fit the specific context of maintenance of device or equipment.]

3.20

memory holding time

for a single-pole *phase comparator*, maximum available time to contact the second part to be compared, after the indication “memory ready” appears when the *phase comparator* is in contact with the first part to be tested

3.21

nominal voltage

U_n

suitable approximate value of voltage used to identify a system or device

Note 1 to entry: The *nominal voltage* of the *phase comparator* is a parameter associated with its *clear indication*. When a *phase comparator* has more than one *nominal voltage*, or a *nominal voltage* range the limit values of the *nominal voltage* range are named $U_{n \min}$ and $U_{n \max}$.

[SOURCE: IEC 600500-601:1985, 601-01-21, modified – the definition has been modified to fit the specific context of device or equipment and Note 1 to entry has been added.]

3.22

outdoor type

phase comparator designed for use in wet conditions, either indoors or outdoors

3.23

permanent contact electrode extension

externally insulated conductive element located between the *indicator* and the *contact electrode* of some designs of *phase comparator* to move back the *indicator* from the live part to be compared

Note 1 to entry: The *permanent contact electrode extension* may contain impedances.

Note 2 to entry: The *permanent contact electrode extension* is not an *accessory*.

3.24

phase comparator

portable device used to provide clear evidence of the presence or the absence of the correct phase relationship between two energized parts at the same *nominal voltage* and frequency

[SOURCE: IEC 60050-651:2014, 651-24-03, modified – the definition has been modified to specify that the device herein defined is a portable device.]

3.25

phase comparator of capacitive type **capacitive phase comparator**

device whose operation is based on the current passing through the stray capacitance to earth

Note 1 to entry: *Phase comparators* of capacitive type are either two-pole *phase comparators* operating with a wireless connection or single-pole *phase comparators* operating with a memory system.

Note 2 to entry: *Phase comparators* of capacitive type mainly work on the basis of angle measurement (frequency-based).

3.26

protection against bridging

protection against flashover or breakdown, when the insulation between the parts of the installation, at different potentials, is reduced by the presence of the *phase comparator*

3.27

rated voltage

U_r

value of voltage to which certain operating specifications are referred

Note 1 to entry: The *rated voltage* of the *phase comparator* is the voltage selected from IEC 60071-1:2006, Tables 2 and 3, column 1, which should either be equal to the *nominal voltage* (or the highest *nominal voltage* of its *nominal voltage* range), or the next higher voltage selected from those tables.

3.28

response time

delay between the time when the *phase comparator* makes contact with the second part to be compared and the relevant *clear indication*

3.29

testing element

built-in element or separate device, by means of which the functioning of the *phase comparator* can be checked by the user

[SOURCE: IEC 60743:2013, 11.3.7, modified – the definition has been modified to specify its application to the *phase comparator*.]

3.30

threshold parameter

minimum phase angle φ_p between the two parts to be compared which gives a change of the status of the *active signal*

3.31

wireless connecting system

communication system used to exchange information between the different units of a *phase comparator* without physical link

4 Requirements

4.1 Indication

The *phase comparator* shall clearly indicate the state "incorrect phase relationship" and/or "correct phase relationship" by means of the change of the status of one or more *active signals*.

The indication shall be visual. An audible indication may be additional.

For a *phase comparator* with *nominal voltage* above 36 kV it is recommended to have both visual and audible indication.

In the case of a single-pole *phase comparator*, the state “memory ready” shall be indicated.

In the case of a two-pole *phase comparator* operating with wireless connection the communication status shall be indicated.

4.2 Functional requirements

4.2.1 Clear indication

4.2.1.1 General

The following requirements apply when both parts to be compared have the same *nominal voltage* and frequency.

The indication “incorrect phase relationship” shall not appear for an angle difference up to $\pm 10^\circ$.

The indication “correct phase relationship” shall not appear for an angle difference above $\pm 30^\circ$, $\pm 60^\circ$ or $\pm 110^\circ$ according to the class of the *phase comparator*.

To fulfil the above requirements, the *threshold parameter* shall satisfy the following relationship:

Class A: $\pm 10^\circ < \varphi_p \leq \pm 30^\circ$

Class B: $\pm 10^\circ < \varphi_p \leq \pm 60^\circ$

Class C: $\pm 10^\circ < \varphi_p \leq \pm 110^\circ$, see Note 1.

Class D: If it is not possible to use any of the above-mentioned classes, the manufacturer and the customer shall reach an agreement to set the appropriate value of the phase-angle difference. In such a case the upper limit of the *threshold parameter* shall exceed the one of class C.

For *phase comparators* with one *nominal voltage*, $U_{n \max}$ equals $U_{n \min}$.

NOTE 1 It has been recognized that for networks with small angle differences a device of class C could permit increasing the *memory holding time*.

NOTE 2 The required phase angle differences to give indication of incorrect phase relationship will depend on network situations.

NOTE 3 A *phase comparator* may not indicate properly in the presence of large harmonic and/or amplitude distortion (e.g. HV a.c./d.c. converters, non-linear loads, etc.). Relevant data, acceptable limits and performance requirements are under consideration.

4.2.1.2 Settings

The user shall not have access to the settings of the *indicator*.

A selector for different *nominal voltages* or different *nominal voltage* ranges is allowed, but for each position of the selector the user shall not have access to any settings.

On each unit of a wireless *phase comparator* there could be an accessible selector for setting a multi-channel connecting system (e.g.: radio communication).

4.2.1.3 Continuous indication

Once the *phase comparator* gives *clear indication* it shall continue to indicate as long as it is in direct contact with the live part.

4.2.1.4 Influence of interference fields

The presence of an *interference field* (adjacent live or earthed parts) shall not affect the indication when the *phase comparator* is used in accordance with the instructions for use.

NOTE The indication may not be reliable in the vicinity of large conductive parts that create equipotential zones.

4.2.1.5 Special marking in the case of limited use

In the case of a *phase comparator* that does not fulfil anyone of the tests of 5.2.2 or 5.2.5 when using the test set-up of Figure 4, it shall have a marking “LU” for limited use.

4.2.1.6 Electromagnetic compatibility (EMC)

Phase comparators shall comply with the requirements of class A for portable equipment according to IEC 61326-1.

NOTE In some countries additional requirements may be added to fulfil EMC regulations.

4.2.2 Distance range

Wireless operating *phase comparators* shall communicate properly within the limits of the distance range in free space (between the various units of the whole device) specified by the manufacturer in the instructions for use (see Annex A).

There are no radio communication requirements in this standard. Where relevant, the *phase comparator* should conform to the national radio communication regulations.

4.2.3 Clear perceptibility

4.2.3.1 Visual indication

The *phase comparator* shall give a clear visual indication to the user when in operating position and under normal light conditions.

When two or more visual *active signals* are used, the indication shall not rely solely on light of different colours for perceptibility. Additional characteristics, such as physical separation of the light sources, distinctive form of the light signals, or flashing light shall be used.

4.2.3.2 Audible indication (where relevant)

The *phase comparator* shall give a clear audible indication to the user when in the operating position and under normal noise conditions.

When two audible *active signals* are used, the indication shall not rely solely on sounds of different sound pressure level for perceptibility. Additional characteristics, such as tone or intermittence of the audible signals shall be used.

4.2.4 Temperature and humidity dependence of the indication

There are three categories of *phase comparators* according to the climatic conditions of operation: cold (C), normal (N) and warm (W). The *phase comparator* shall operate correctly in the temperature range of its climatic category, according to Table 1.

Table 1 – Climatic condition ranges

Climatic condition ranges (operation and storage)		
Climatic category	Temperature °C	Humidity %
Cold (C)	–40 to +55	20 to 96
Normal (N)	–25 to +55	20 to 96
Warm (W)	–5 to +70	12 to 96

4.2.5 Frequency dependence

4.2.5.1 General

At a given time the value of the frequency is considered to be the same all over a network. Then the following requirements apply when both parts to be compared have the same frequency.

4.2.5.2 Tolerance of nominal frequency

The *phase comparator* shall operate correctly at frequencies within a tolerance of at least $\pm 0,2$ % of the nominal frequency.

A *phase comparator* with two nominal frequencies shall operate correctly for each nominal frequency within a tolerance of at least $\pm 0,2$ %.

4.2.5.3 Frequency shift of single-pole phase comparator

Single-pole *phase comparators* shall operate correctly with variations of frequency up to 1 mHz/s during the *memory holding time* declared by the manufacturer after the indication "memory ready" appears.

The indication of a single-pole *phase comparator* shall not be assessed as "correct phase relationship" with variations of frequency above 10 mHz/s during at least 5 s after the indication "memory ready" appears.

The *memory holding time* shall be at least 5 s.

4.2.6 Response time

The *response time* of the *phase comparator* shall not be more than 1 s. In situations where the *response time* is above 1 s the phase comparator shall give a visual and/or audible indication that data processing is still running.

4.2.7 Power source dependability

The *phase comparator* with a built-in power source shall give a *clear indication* until a non-readiness signal appears or the device is automatically shut off, as mentioned in the instructions for use.

4.2.8 Testing element

The *testing element*, whether built-in or separate, shall be capable of testing all the electrical circuits, the *wireless connecting system*, the energy source and the functioning of the indication. When all circuits cannot be tested, any limitation shall be clearly stated in the instructions for use. These circuits shall be of high reliability construction. When there is a built-in *testing element*, the *phase comparator* shall give an indication of "ready" or "not ready".

4.2.9 Time rating

The *phase comparator* shall be able to perform during its specified time rating without failure and without giving incorrect indication when subjected to the maximum operating voltage.

The minimum time rating shall be:

- 5 min in the case of a *phase comparator* at a *nominal voltage* up to 36 kV;
- 15 min in the case of a *phase comparator* at a *nominal voltage* above 36 kV.

The manufacturer shall clearly state in the instructions for use the maximum time rating for the user.

4.3 Electrical requirements

4.3.1 Insulating material

The insulating materials shall be adequately rated (nature of material, dimensions) for the *nominal voltage* (or the maximum *nominal voltage* of the voltage range) of the *phase comparator*.

When tubes of insulating material with circular cross-section are used in the design of *phase comparators*, they should meet the requirements of IEC 60855-1 or IEC 61235, otherwise they shall demonstrate appropriate insulating performance by fulfilling the test of 5.3.1.

For a *phase comparator* as a complete device the user shall be provided with adequate insulation by means of an *insulating element*.

NOTE For a *phase comparator* as a separate device, the selection of an appropriate adaptable *insulating stick* will provide the user with adequate insulation.

4.3.2 Protection against bridging

Protection shall be such that the *phase comparator* cannot cause flashover or breakdown between live parts of an installation or between a live part of an installation and earth.

4.3.3 Resistance against sparking

The *phase comparator* shall be so constructed that the *indicator* cannot be damaged or shut-off as a result of a low energy electric arc.

4.3.4 Insulating element of phase comparator as a complete device

4.3.4.1 Dielectric strength

The *insulating element* shall be rated so that no flashover or breakdown occurs in use.

4.3.4.2 Leakage current

The *insulating element* of the *indoor type phase comparator* shall be so rated that leakage current shall be limited under dry conditions.

The *insulating element* of the *outdoor type phase comparator* shall be so rated that leakage current shall be limited under dry and wet conditions.

4.3.5 Indicator casing

The *indicator* casing shall be rated so that no flashover or breakdown occurs in use.

4.4 Mechanical requirements

4.4.1 General

For a *phase comparator* as a complete device the user shall be provided with adequate distance by means of an *insulating element*.

NOTE For a *phase comparator* as a separate device, the selection of an appropriate *insulating stick* will provide the user with adequate distance.

4.4.2 Design

The *phase comparator* shall be designed to allow operation by one person.

The *phase comparator* as a complete device shall include the following elements as a minimum:

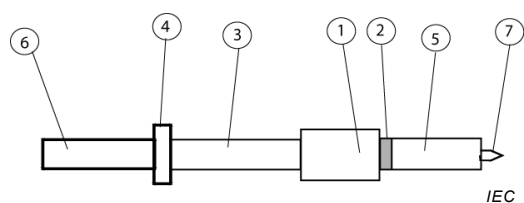
- handle, *hand guard*, *insulating element*, *indicator*, *limit mark* and *contact electrode* (see Figure 1).

The position of the *limit mark* may be on either side of the *indicator*.

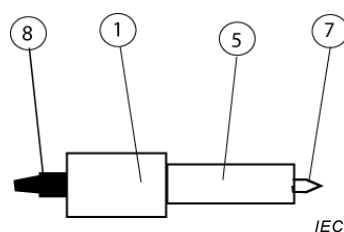
The *phase comparator* as a separate device shall include the following elements as a minimum:

- *adaptor*, *indicator* and *contact electrode* (see Figure 1).

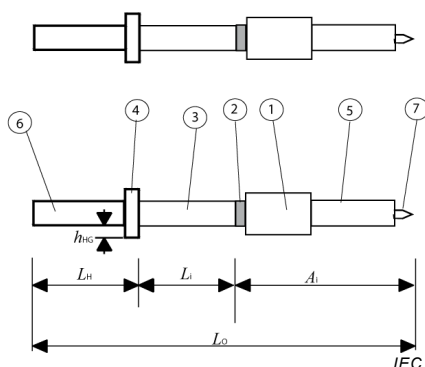
IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61481-1:2014



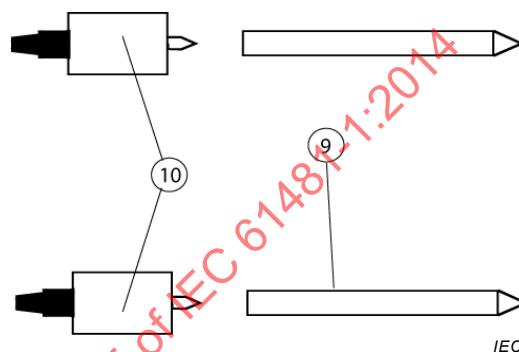
a) Example of a single-pole phase comparator as a complete device



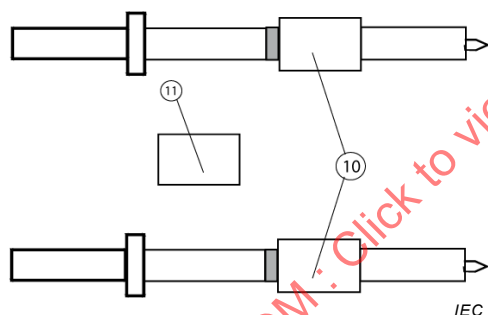
b) Example of a single-pole phase comparator as a separate device



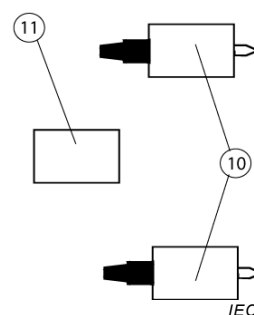
c) Example of a two-pole phase comparator with wireless connection as a complete device



d) Example of a two-pole phase comparator with wireless connection as a separate device



e) Example of a two-pole phase comparator with wireless connection and three communication units as a complete device



f) Example of a two-pole phase comparator with wireless connection and three communication units as a separate device

Key

1	indicator	9	contact electrode extension (accessory)
2	limit mark	10	two basic communications units
3	insulating element	11	indicator unit
4	hand guard	h_{HG}	height of hand guard
5	permanent contact electrode extension	L_H	length of handle
6	handle	L_i	length of insulating element
7	contact electrode	L_O	overall length of phase comparator
8	adaptor (can be used as limit mark)	A_i	insertion depth

Figure 1 – Illustration of different elements and different principles of functioning of phase comparators

4.4.3 Dimensions, construction

The minimum length of the *insulating element* of a *phase comparator* as a complete device shall be in accordance with Table 2.

Table 2 – Minimum length of the insulating element (L_i) of a phase comparator as a complete device

U_r kV	L_i mm
$1 < U_r \leq 7,2$	320
$7,2 < U_r \leq 12$	360
$12 < U_r \leq 17,5$	370
$17,5 < U_r \leq 24$	470
$24 < U_r \leq 36$	520
$36 < U_r \leq 72,5$	830
$72,5 < U_r \leq 123$	1 300
$123 < U_r \leq 170$	1 700
$170 < U_r \leq 245$	2 300

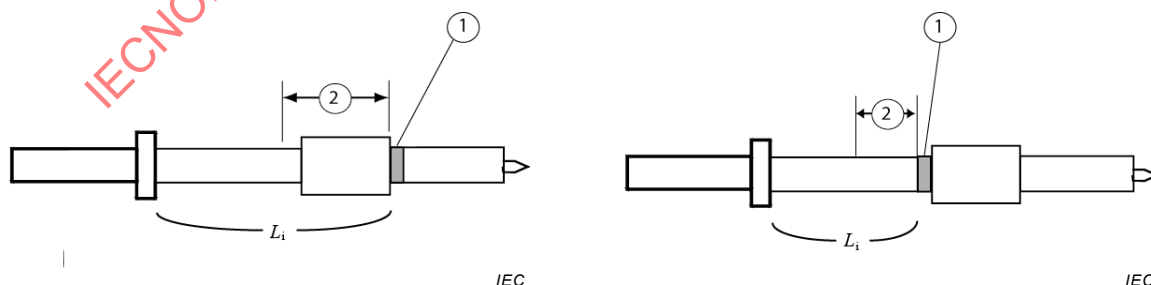
NOTE 1 The *nominal voltage* U_n is used when the parameters to be specified are related to the installation dimensioning or to the functional performance of the *phase comparator*, while the *rated voltage* U_r is used when insulation performance of the *phase comparator* is concerned.

NOTE 2 The L_i values of Table 2 correspond to the minimum distance in air (obtained from Tables 1 and 2 of IEC 61936-1:2010) plus an additional safety distance.

NOTE 3 The L_i values of Table 2 can be used as a guidance to determine the length of the *insulating stick* used with a *phase comparator* as a separate device. However, the length of the *insulating stick* for live working can be shortened for a *phase comparator* as a separate device taking into account the minimum approach distances or in accordance with national or regional regulations.

In the case of a *phase comparator* as a complete device and for L_i equal to or greater than 520 mm, conductive parts are allowed within the minimum length of the *insulating element* if they are completely externally insulated and are located immediately adjacent to the *limit mark* in one section of the *insulating element* not exceeding 200 mm (see Figure 2).

NOTE 4 The performance of the insulation covering the conductive parts is verified by the *protection against bridging* test of 5.3.2.



Key

- 1 limit mark
- 2 section of the *insulating element* where conductive parts are allowed (≤ 200 mm)
- L_i minimum length of the *insulating element*

Figure 2 – Location of allowed conductive parts within the minimum length of the insulating element of a pole of a phase comparator as a complete device

The *limit mark* shall be about 20 mm wide, permanent, and clearly recognizable by the user.

If there is no *limit mark* on a *phase comparator* as a separate device, the end of the *adaptor* can act as the *limit mark* (Figures 1b, 1d and 1f).

For a *phase comparator* as a complete device, the length of the handle (L_H) shall be 115 mm as a minimum.

NOTE 5 A longer handle facilitates two-hand operation.

For a *phase comparator* as a complete device, the *hand guard* shall be permanently fixed and have a minimum height (h_{HG}) of 20 mm.

In order to adapt the *phase comparator* to different uses, the *contact electrode* may readily be interchangeable with other types of *contact electrodes* depending on the type of installation to be compared and instructions for use.

When a *phase comparator* is intended to be disassembled by the user, the parts shall be clearly marked as belonging together.

4.4.4 Grip force and deflection

The *phase comparator* shall be designed to facilitate reliable operation with reasonable physical effort by the user.

The *phase comparator* shall be designed to allow a safe approach toward the parts of the installation to be compared. The deflection of the pole(s), under its(their) own weight, shall be as low as possible.

NOTE In the case of a *phase comparator* as a separate device, the choice of an *insulating stick* may greatly influence the grip force and deflection.

4.4.5 Vibration resistance

The *phase comparator* including the *indicator unit* (if any) shall be vibration resistant.

4.4.6 Drop resistance

The *phase comparator* including the *indicator unit* (if any) shall be drop resistant.

4.4.7 Shock resistance

The *phase comparator* including the *indicator unit* (if any) shall be shock resistant.

4.5 Marking

Each *phase comparator* shall have at least the following items of marking:

- *nominal voltage* and/or range of *nominal voltages*;
- nominal frequency or nominal frequencies;
- symbol for operational class (“A”, “B”, “C” or “D”);
- name or trade mark of the manufacturer;
- type reference, serial number;
- indication of type indoor or outdoor;
- symbol for climatic category or climatic categories (“C”, “N” or “W”);
- symbol “LU”, when relevant;
- year of production;

- symbol IEC 60417-5216 (2002-10) – Suitable for live working; double triangle (see Annex B);

NOTE The exact ratio of the height of the figure to the base of the triangle is 1,43. For the purposes of convenience, this ratio can be between the values of 1,4 and 1,5.

- number of the relevant IEC standard immediately adjacent to the double triangle symbol (“IEC 61481-1”).

To be marked with the number of this IEC standard, the product shall satisfy all the requirements specified herein.

With every *phase comparator* or with every batch of *phase comparators* to be delivered, the manufacturer shall provide information related to the number of the IEC standard with the year of publication.

In the case of a *phase comparator* with a built-in energy source, the type of power supply shall be indicated either on the *indicator* or inside the compartment designed to house it, and the polarity when required.

The marking shall be legible and permanent. The characters shall be at least 3 mm high. The marking shall not impair the quality of the *phase comparator*.

4.6 Instructions for use

The manufacturer shall provide written instructions for use with each *phase comparator* covered by this standard.

The instructions for use shall include as a minimum the information of Annex A.

These instructions shall be prepared in accordance with the general provisions of IEC 61477.

4.7 Requirements in the case of reasonably foreseeable misuse during live working

4.7.1 Voltage selection

In the case of incorrect position of the voltage selector, if any, the *phase comparator* shall give no incorrect indication of phase relationship.

4.7.2 Frequency selection

In the case of incorrect position of the frequency selector, if any, the *phase comparator* shall give no indication of phase relationship.

4.7.3 Channel selection for wireless connection

In the case of incorrect setting of the channel selectors, if any, the *phase comparator* shall give no indication of a phase relationship.

5 Tests

5.1 General

5.1.1 Testing provisions

This standard provides testing provisions to demonstrate compliance of the product to the requirements of Clause 4. These provisions are primarily intended to be used as type tests for the validation of the design input. Where relevant, alternative means (calculation, examination, tests, etc.), are specified within the test subclauses for *phase comparators* having completed the production phase.

Tests shall be performed on a *phase comparator* which has been completely assembled, in accordance with instructions for use. Unless otherwise specified, for a *phase comparator* as separate device, the tests shall be performed with each pole equipped with an *insulating stick* complying with 4.3.1, 4.4.1 and 4.4.3.

NOTE It is essential that the tests are done by a competent test facility.

5.1.2 Atmospheric conditions

Except when otherwise stated, tests are carried out under the following standard atmospheric conditions of IEC 60068-1 for measurements and tests:

- ambient temperature 15 °C to 35 °C;
- relative humidity 25 % to 75 %;
- atmospheric pressure 86 kPa to 106 kPa.

For type tests, the *phase comparator* shall be subjected to these conditions for at least 4 h before being submitted to the group of tests.

5.1.3 Tests under wet conditions

Before the electrical tests, each *phase comparator* shall be cleaned with isopropanol ($\text{CH}_3\text{-CH(OH)-CH}_3$) and then dried in air for 15 min.

NOTE It is not part of this standard to ensure that the relevant legislation and safety requirements for the use of this chemical are complied with in their entirety.

The test under wet conditions shall be conducted in accordance with 4.4.1 of IEC 60060-1:2010 (wet test procedure), with the following exception: the openings in the collecting vessel designed to measure the wetting rate shall be less than, or equal to, the horizontal cross-section of the *indicator*.

5.1.4 Type test

5.1.4.1 Type test on basic configuration

The type test shall be performed on three complete *phase comparators* representative of the production and on three test pieces of each material providing high-voltage insulation except for 5.2.4 which is performed on only one *phase comparator*. If more than one *phase comparator* or test piece does not pass, the test has failed. If only one *phase comparator* or test piece fails, the entire sequence for the type test shall be repeated on three other *phase comparators* or test pieces. If any one of these three new *phase comparators* or test pieces does not pass, the type test is considered to have failed.

NOTE In the particular case of 5.2.4, if the *phase comparator* does not pass, the type test is considered to have failed.

Type tests shall be performed in the sequence defined in Annex C.

5.1.4.2 Type test on additional contact electrodes and accessories

The use of different *contact electrodes* or *accessories* or combination of *accessories* may affect the performance of the *phase comparator*.

When several *contact electrode extensions* or several *contact electrodes* are provided, the following tests shall be performed with each *contact electrode extension*, each *contact electrode* and each combination of them:

- vibration resistance (see 5.4.3),
- drop resistance (see 5.4.4),

- *clear indication* (see 5.2.2),
- influence of electric *interference fields* (see 5.2.5),
- *protection against bridging* for *indoor/outdoor type phase comparator* (see 5.3.2),
- *protection against bridging* for *outdoor type phase comparator* (see 5.3.3),
- spark resistance (see 5.3.4) and
- distance range (see 5.2.3).

These type tests can be done

- with the same set of *phase comparators*, these being equipped successively with the different *accessories* or combination of *accessories*, or
- with different sets of *phase comparators*, each set being equipped with a different *accessory* or combination of *accessories*.

In the case of different sets of *phase comparators*, for each set if more than one *phase comparator* does not pass the test the set has failed. For each set if only one *phase comparator* fails, the entire sequence for the relevant type test (see 5.1.4.1) shall be repeated on a new set of three *phase comparators*. If any one of these three new *phase comparators* fails, the type test of this configuration is considered to have failed.

5.1.4.3 Type test of a family of phase comparators

In the case of *phase comparators* of the same family the following applies.

- The type tests shall be performed at the lowest and at the highest *nominal voltages* delimiting the *family of phase comparators*. Within the limits of the family, bridging tests (5.3.2 and 5.3.3) shall be performed for each distance d_1 of Table 7 under the highest voltage of each voltage range. Mechanical tests shall be done only once covering the worst conditions.
- The test for *clear indication* (see 5.2.2) shall be carried out at each *nominal voltage* or each *nominal voltage* range. Each time the test set-up changes within the range of the *nominal voltages* of the *phase comparator* the corresponding test shall be carried out.

5.1.5 Test methods

Tests shall be carried out using an a.c. power source in accordance with the requirements given in IEC 60060-1.

The maximum test voltage value shall be reached within 10 s to 20 s.

All types of *phase comparators* (indoor and outdoor) shall be submitted to the tests in dry conditions.

Unless otherwise specified,

- a tolerance of ± 3 % is allowed for all required values,
- dielectric tests shall be carried out at a frequency of 50 Hz or 60 Hz,
- additional tests applicable to *outdoor type phase comparators* shall be performed under wet conditions.

No correction factor due to climatic conditions shall be applied to test voltages.

5.2 Function tests

5.2.1 Description of the test set-up and general pass criteria

The tests shall be performed using a test set-up made of two ball-and-ring arrangements as shown in Figure 3 and Figure 4 with the dimensions specified in Table 3. The distinction

between Figure 3 and Figure 4 is the relative position of the ball electrode and its associated ring electrode. Both test set-ups permit to simulate various installation configurations.

It is important to limit the influence of the elements that provide the mechanical support and the electrical connections to the test set-up on the electric field configuration around the test electrodes.

For this purpose, around each test electrode (ball and ring), a spherical zone is defined in which only the elements illustrated in Figure 3 or 4 are permitted.

For each ball electrode, the supporting element shall permit connection to the voltage source. The electrical connection shall consist of a cable with a conductor section of 2 mm^2 to 5 mm^2 inserted in an insulating tube to provide mechanical support and additional electrical insulation.

For each ring electrode, the element(s) providing mechanical support and the ones providing electrical connection shall be out of the spherical zone except for its fixing or connecting device(s) to the ring which shall be as small as possible.

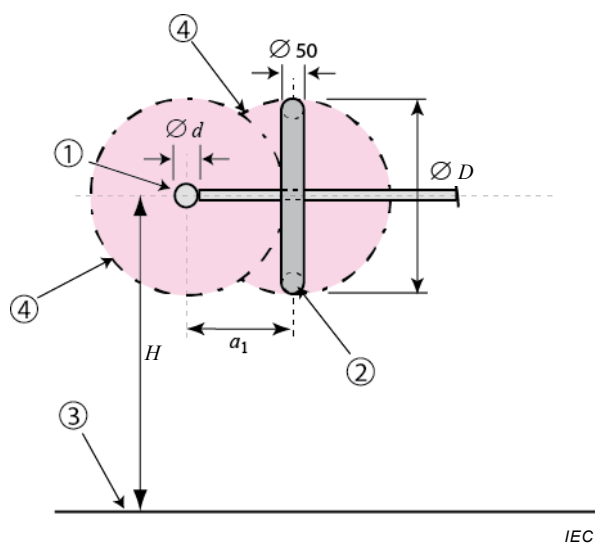
The floor of the test room shall be conductive or be laid out with conductive matting and connected to earth. The tests shall be conducted in a room which is free from unwanted foreign *interference fields*. No objects, except the insulating supporting element of the test set-up, shall be situated between the test set-up and the floor (ground) within a distance H and within a distance W in any direction from the test set-up according to Table 3.

The pole(s) of the *phase comparator* shall be fixed by means of an insulating support at the handle, in such a manner that its *contact electrode* touches the ball electrode, and the *indicator* is approximately concentrically located in relation to the associated ring electrode (in the horizontal axis) (see Figure 5). A suitable means shall be used for ensuring a good electrical connection as well as a mechanical pressure between the *contact electrode* of the *phase comparator* and the ball electrode without disturbing the local electric field. An example of such means is illustrated in Figure 6a. Likewise it is possible to modify the ball electrode without disturbing the local electric field. An example of such a modified ball electrode is illustrated in Figure 6b.

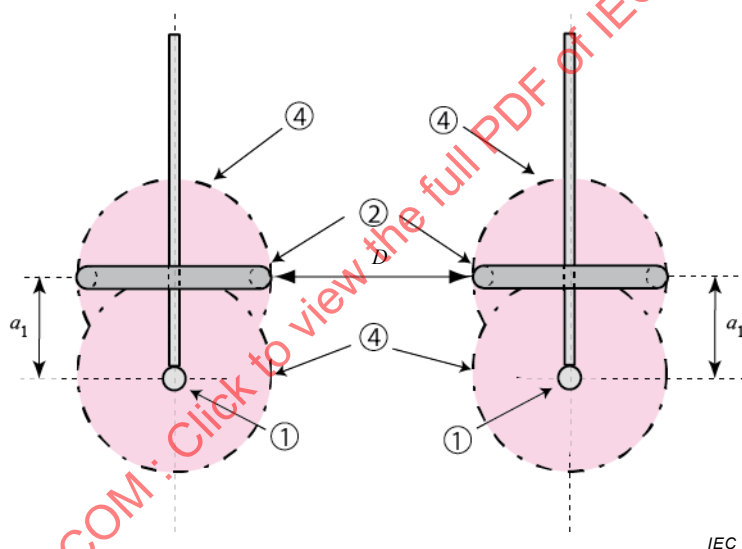
To be in accordance with this standard without any restriction, the *phase comparator* shall fulfil the tests performed with the test arrangements of Figures 3 and 4.

When the *phase comparator* without any *accessory* only fulfils the tests performed with the test arrangement of Figure 3, it shall be marked with “LU” (limited use).

Dimensions in millimetres



a) Side view



b) Top view

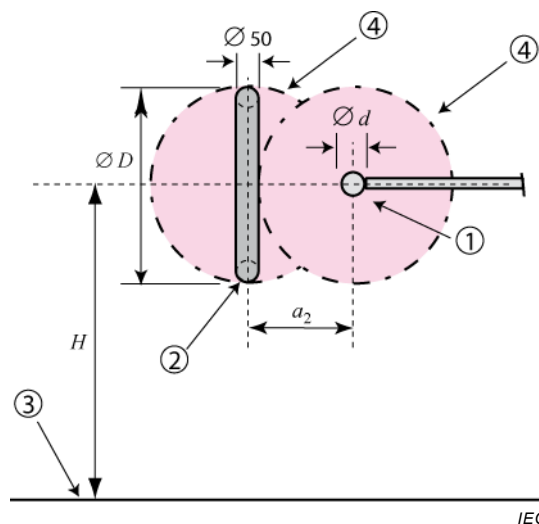
Key

- | | |
|---|---|
| 1 ball electrodes (B1 and B2) of $\varnothing d$ diameter with their supporting element | a_1 electrode separation distance |
| 2 ring electrodes (R1 and R2) of $\varnothing D$ diameter | D distance between the two ring electrodes |
| 3 ground | H distance between the test set-up and the ground |
| 4 spherical zone of $\varnothing D$ diameter around each test electrode | |

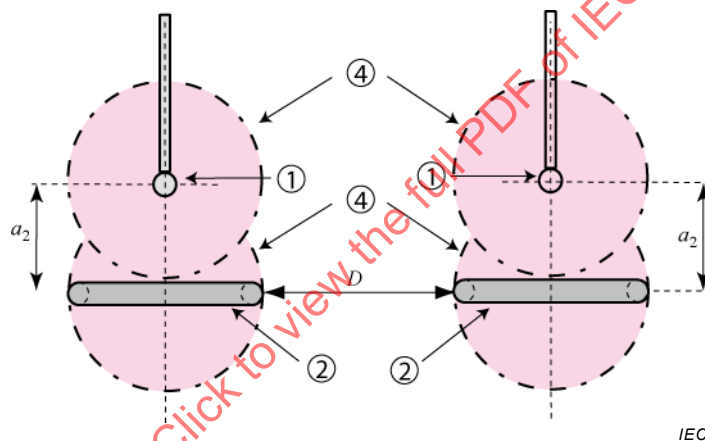
NOTE Diameter “ D ” and distance “ D ” are of the same value.

Figure 3 – Test set-up for clear indication with the ball electrode in front of its ring electrode

Dimensions in millimetres



a) Side view



b) Top view

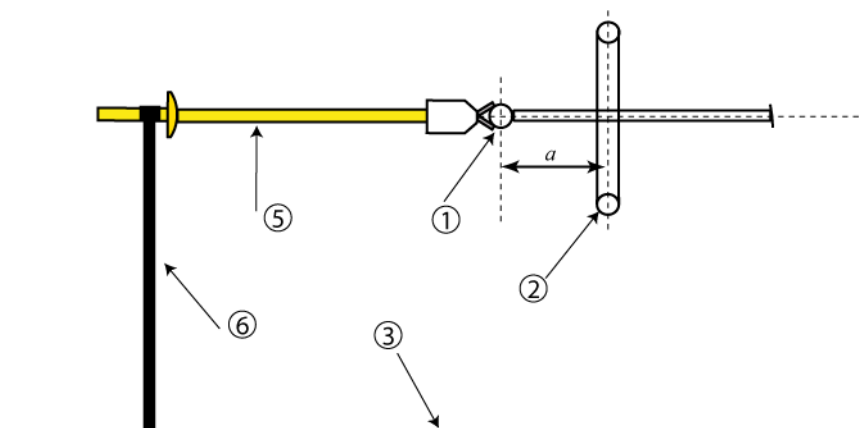
Key

- | | |
|---|---|
| 1 ball electrodes (B1 and B2) with $\varnothing d$ diameter with their supporting element | a_2 electrode separation distance |
| 2 ring electrodes (R1 and R2) with $\varnothing D$ diameter | D distance between the two ring electrodes |
| 3 ground | H distance between the test set-up and the ground |
| 4 spherical zone of $\varnothing D$ diameter around each test electrode | |

NOTE Diameter " D " and distance " D " are of the same value.**Figure 4 – Test set-up for clear indication with the ball electrode behind its ring electrode**

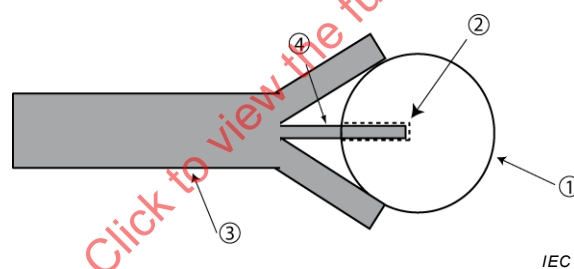
Table 3 – Dimensioning of the ball and ring test set-up

U_n	Electrode separation distance when the ball is in front of the ring a_1	Electrode separation distance when the ball is behind the ring a_2	H	Diameter " $\varnothing D$ " and distance " D "	d	W (3 times D) Clearance of the complete test set-up from any foreign objects
kV	mm	mm	mm	mm	mm	mm
$1 < U_n \leq 12$ $12 < U_n \leq 24$ $24 < U_n \leq 52$	300	100 270 430	1 500	550	$\varnothing 60$	$> 1\,650$
$52 < U_n \leq 170$ $170 < U_n \leq 245$	1 000	650 850	2 500	1 050	$\varnothing 100$	$> 3\,150$

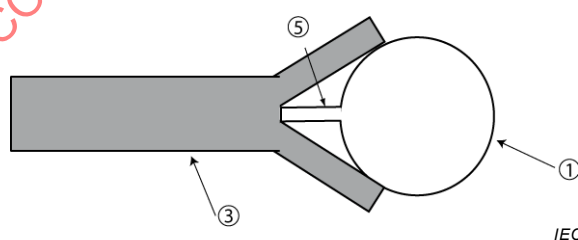
**Key**

- 1 ball electrode
- 2 ring electrode
- 3 ground
- 5 pole of the *phase comparator* (as a complete device or equipped with an *insulating stick*)
- 6 one insulating support for maintaining the pole horizontal to ground

Figure 5 – Positioning of a pole of the phase comparator in relation to a ball and ring test arrangement



a) Modification of a contact electrode used for testing



b) Modification of the ball electrode

Key

- 1 ball electrode
- 2 circular hole drilled in the ball electrode
- 3 Y shape *contact electrode*
- 4 cylindrical rod fixed to a Y shape *contact electrode* of a dimension to fit tightly into the hole of the ball electrode
- 5 cylindrical rod fixed to the ball electrode

Figure 6 – Examples of suitable means for ensuring appropriate contact between a contact electrode and the ball electrode

5.2.2 Clear indication

The description of the test set-up and the general pass criteria are those of 5.2.1.

For performing the *clear indication* tests, the two ring electrodes, designated as R1 and R2, shall be earthed.

In the case of a *phase comparator* with one *nominal voltage* U_n the test shall be performed at this *nominal voltage*.

In the case of a *phase comparator* with more than one *nominal voltage* the test shall be performed at every *nominal voltage*.

In the case of a *phase comparator* with one *nominal voltage* range the test shall be performed at the lowest ($U_{n \min}$) and the highest ($U_{n \max}$) value of the *nominal voltage* range.

In the case of a *phase comparator* with more than one *nominal voltage* range the test shall be performed at the lowest and the highest value of each *nominal voltage* range.

Each pole of the two-pole *phase comparator* shall be connected to one of the two ball electrodes of the test set-up. In the case of a single-pole *phase comparator*, the *contact electrode* shall touch successively the two ball electrodes according to the instructions for use.

For test series 1 and 2, the test electrodes shall have a voltage and phase relationship according to the relevant part of Table 4.

The test shall be considered as passed if the indication "incorrect phase relationship" does not appear or the indication "correct phase relationship" appears according to the type of indication of the *phase comparator*.

For test series 3 and 4, the test electrodes shall have a voltage and phase relationship according to the relevant part of Table 4.

The test shall be considered as passed if the indication "incorrect phase relationship" appears.

Table 4 – Test series and conditions for clear indication

Test series	Test voltage on the two ball-and-ring electrode arrangements (B1-R1 and B2-R2)				Required indication according to the type of indication	
	B1	R1	B2	R2	“Incorrect phase relationship”	“Correct phase relationship”
1	0,45 $U_{n \text{ min}}$	earth	0,45 $U_{n \text{ min}}$ 10° ^a	earth	no	yes
2	0,63 $U_{n \text{ max}}$	earth	0,63 $U_{n \text{ max}}$ 10° ^b	earth	no	yes
3	0,45 $U_{n \text{ min}}$	earth	0,45 $U_{n \text{ min}}$ 30° ^{a c}	earth	yes	no
4	0,63 $U_{n \text{ max}}$	earth	0,63 $U_{n \text{ max}}$ 30° ^{b c}	earth	yes	no

^a 0,45 U_n corresponds to $0,78 U_n / \sqrt{3}$.

^b 0,63 U_n corresponds to $1,1 U_n / \sqrt{3}$.

^c A phase difference according to the operational class of the *phase comparator* (see 4.2.1) shall be adjusted. In the table, operational class A is used as an example.

5.2.3 Distance range for two-pole phase comparators with wireless connection

With all various communication units of the whole *phase comparator* separated each one from the other in free space by the maximum distance declared by the manufacturer, the communication between all these units shall be activated.

The test shall be considered as passed if all various units communicate properly according to the instruction for use.

5.2.4 Electromagnetic compatibility (EMC)

5.2.4.1 Type test

The *phase comparator* shall be submitted to and shall fulfil the relevant tests of IEC 61326-1 for:

- immunity requirements for portable equipment powered by battery or from the circuit being measured with the following test parameters:

Description	Port	Test	Parameters
Electrostatic discharge (ESD)	Enclosure	IEC 61000-4-2	4 kV/8 kV (contact/air)
RF electromagnetic field immunity	Enclosure	IEC 61000-4-3	3 V/m for 80 MHz to 1 GHz (level 2) 3 V/m for 1,4 GHz to 2 GHz (level 2) 1 V/m for 2 GHz to 2,7 GHz
Power frequency magnetic field	Enclosure	IEC 61000-4-8	Not applicable

NOTE 1 Level 2 corresponds to a moderate electromagnetic radiation environment. This happens in presence of Global System for Mobile Communications (GSM), for example fixed transceivers, like microwave antenna for cell phones, installed in transmission structures or substations.

NOTE 2 *Phase comparators* of capacitive type are magnetically non sensitive devices.

With the following performance criteria for all the EMC tests:

Function	Criteria
Functioning of <i>phase comparator</i>	B
Data communication (if any)	B
Functioning of the <i>testing element</i>	B

- emission limit requirements for equipment intended for use in industrial locations with the following test parameters:

Description	Port	Test	Parameters
Radio disturbances characteristics	Enclosure	CISPR 11	Class A

The *phase comparator* shall be configured in a mode that represents normal working conditions according to the instructions for use.

The test shall be considered as passed if the relevant indications are not affected.

5.2.4.2 Alternative means for phase comparators having completed the production phase

After completing the production phase, it is not practical to perform EMC tests for checking the conformity to the relevant requirements. Nevertheless, the manufacturer shall prove that it has followed the same documented assembly procedure as per the type tested device.

5.2.5 Influence of electric interference fields

5.2.5.1 General

The description of the test set-up and the general pass criteria are those of 5.2.1.

The test consists of the test series and conditions given in Table 5.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61481-1:2014

Table 5 – Test series and conditions for influence of electric interference fields

Test series	Test voltage on the two ball-and-ring electrode arrangements (B1-R1 and B2-R2)				Required indication according to the type of indication	
	B1	R1	B2	R2	“Incorrect phase relationship”	“Correct phase relationship”
Influence of in-phase interference electric field						
1	0,45 $U_{n \text{ min}}$	0,45 $U_{n \text{ min}}$	0,45 $U_{n \text{ min}}$ 10°	earth	no	yes
2	0,63 $U_{n \text{ max}}$	0,63 $U_{n \text{ max}}$	0,63 $U_{n \text{ max}}$ 10°	earth	no	yes
3	0,45 $U_{n \text{ min}}$	0,45 $U_{n \text{ min}}$	0,45 $U_{n \text{ min}}$ 30° ^a	earth	yes	no
4	0,63 $U_{n \text{ max}}$	0,63 $U_{n \text{ max}}$	0,63 $U_{n \text{ max}}$ 30° ^a	earth	yes	no
Influence of phase opposition interference electric field						
1	0,63 $U_{n \text{ max}}$	earth	0,63 $U_{n \text{ max}}$ 10°	0,63 $U_{n \text{ max}}$	no	yes
2	0,63 $U_{n \text{ max}}$	earth	0,63 $U_{n \text{ max}}$ 30° ^a	0,63 $U_{n \text{ max}}$	yes	no

^a A phase difference according to the operational class of the phase comparator (see 4.2.1) shall be adjusted. In the table, operational class A is used as an example.

5.2.5.2 Influence of in-phase interference field

The test shall be considered as passed if the required indication in the relevant test series of Table 5 appears.

5.2.5.3 Influence of phase opposition interference field

The test shall be considered as passed if the required indication in the relevant test series of Table 5 appears.

5.2.6 Clear perceptibility

5.2.6.1 Clear perceptibility of visual indication

5.2.6.1.1 Type test

The test set-up is given in Figure 7. It applies to *indicators* located at the high voltage end of the pole(s). In the case of *phase comparators* with *indicator unit(s)*, the type test of 5.2.6.1.2 applies.

The intensity of the light striking an unpolished grey screen with a reflectivity index of 18 % and the signal source of the *indicator* shall be:

- a) 50 000 lux $\pm$ 10 % for an *outdoor type phase comparator* with standard light D₅₅ according to CIE 15 corresponding to a colour temperature of 5 500 K $\pm$ 10 %;
- b) 1 000 lux $\pm$ 10 % for an *indoor type phase comparator* with standard light A according to CIE 15 corresponding to a colour temperature of 3 200 K $\pm$ 10 %.

The pole containing the indication shall be positioned in direction of axis A – B and the signal source part shall be centred on the axis A – B in normal use, according to Figure 7a.

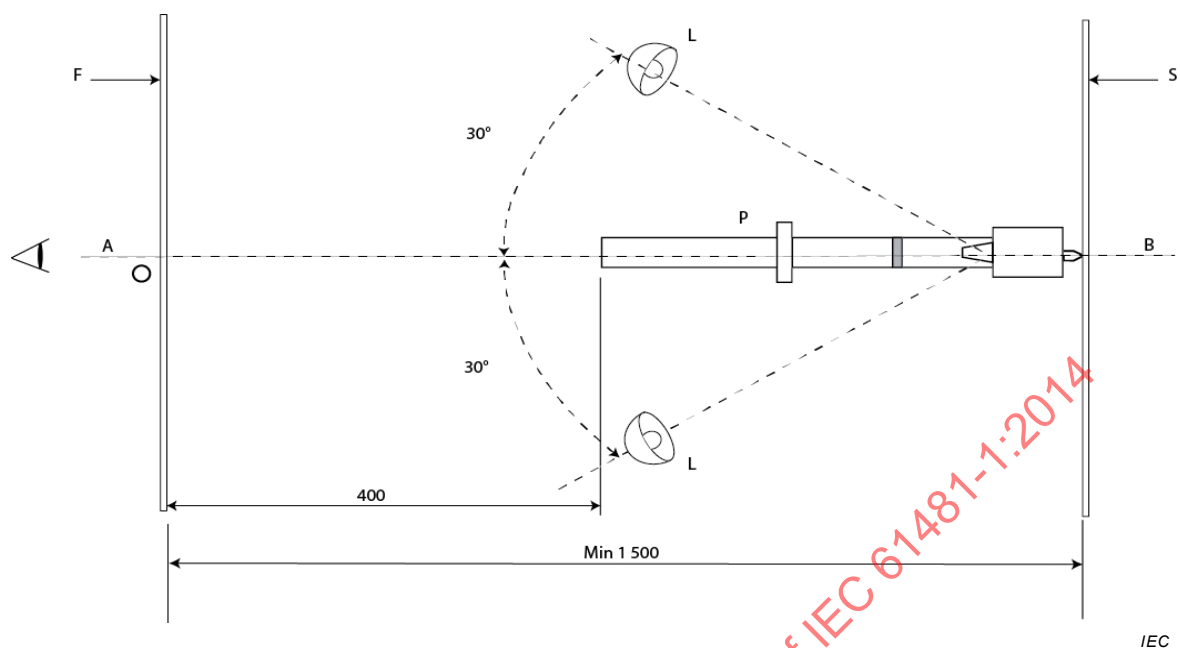
The indication "incorrect phase relationship" and/or "correct phase relationship" shall be caused several times at irregular intervals unknown to the observer by arranging the corresponding phase relation on the test electrode(s).

The test can be performed by energizing the *phase comparator* by any relevant means if the same results are achieved.

Three observers with average sight look towards the *phase comparator* through the 5 mm holes in the front plate (see Figure 7b). The minimum distance between the front plate and the screen shall be 1 500 mm.

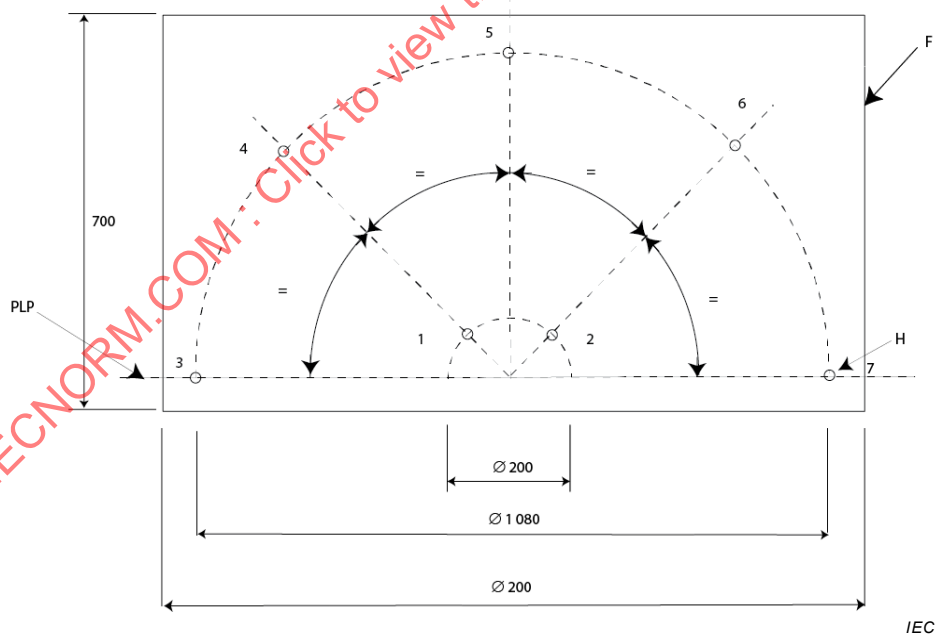
The test shall be considered as passed if the indication(s) is(are) seen by the three observers through each hole.

Dimensions in millimetres



a) Top view

Dimensions in millimetres



b) Front view of the front plate

Key

P	pole of the <i>phase comparator</i>	S	light-grey screen 1 000 × 1 000
F	perforated front plate 3 mm thick	H	seven holes, 5 mm diameter
L	light source	PLP	plane of the light sources and the pole of the <i>phase comparator</i>

Figure 7 – Test set-up for clear perceptibility of visual indication

5.2.6.1.2 Type test applicable to indicator units

The *indicator unit* of the *phase comparator* shall be placed in a room with low light reflection and so clamped that it can be turned around a horizontal axis at the display of the *indicator* and can be rotated around its longitudinal axis. At a distance of 150 mm behind the horizontal turning axis, a matt grey surface with identification colour IEC 60304 'grey' (for example, a painted wall or paper screen) with a diameter of at least 500 mm shall be arranged vertically in the room in such a way that its centre is behind the *indicator unit* of the *phase comparator*.

The *indicator unit* (test object) and the mat grey surface shall be lit by a diffuse white light from two halogen light sources, placed at least 1 m from the test object, in accordance with Figure 8. The arrangement shall be such that the light reflected from the matt grey surface to the *indicator* of the test object has an illumination of 3 500 lux.

At a distance of 750 mm from the test object, the forehead stop for the observer shall be arranged, as shown by item 5 in Figure 8.

The test object shall be rotated from the original vertical position to an angle of 15° and back to the original position, the display of the *indicator* being turned by rotation around the longitudinal axis of the test object by an angle of 10° to the right and to the left in order to identify the most unfavourable position of the indication.

The test shall be carried out consecutively by three observers with average sight. The observer places his forehead against the forehead stop. By an appropriate means, *active signals* shall be generated on the *indicator unit* with the display of the *indicator* in the most unfavourable position.

The indication "incorrect phase relationship" and/or "correct phase relationship" shall be caused several times at irregular intervals unknown to the observer by arranging the corresponding phase relation on the test electrode(s).

The test can be performed by energizing the *phase comparator* by any relevant means if the same results are achieved.

The test shall be considered as passed if each of the three observers clearly sees each visual indication.

The diagram illustrates the installation requirements for two types of fire detectors: a point detector (top) and a linear detector (bottom).

Top Diagram (Point Detector):

- A point detector (1) is shown with a field of view (FOV) of 30° .
- The detector is mounted on a wall (2) at a height of 50 units from the floor.
- A linear detector (3) is shown mounted on a wall.
- The distance between the detector and the wall is 150 units.
- The distance between the detector and the wall is 750 units.
- The distance between the detector and the wall is ≥ 1000 units.

Bottom Diagram (Linear Detector):

- A linear detector (4) is shown with a field of view (FOV) of 30° .
- The detector is mounted on a wall (5) at a height of 50 units from the floor.
- A point detector (6) is shown mounted on a wall.
- The distance between the detector and the wall is 150 units.
- The distance between the detector and the wall is 750 units.
- The distance between the detector and the wall is ≥ 1000 units.
- The distance between the detector and the wall is $\geq \varnothing 500$ units.

IEC

1	test object	4	light source
2	display of the <i>indicator unit</i>	5	forehead stop
3	area with matt grey surface	6	observer

Figure 8 – Test set-up for measurement of clear perceptibility of visual indication in the case of an indicator unit

The alternative test consists in comparing the perceptibility of the visual indication of a manufactured *phase comparator* to the one of a *phase comparator* which has passed successfully the type test according to 5.2.6.1.1 or 5.6.2.1.2 (reference *phase comparator*). The test shall be considered as passed if both perceptibilities are almost identical.

5.2.6.2 Clear perceptibility of audible indication (if available)

5.2.6.2.1 Type test

The test applies to *indicators* located at the high voltage end of the pole(s). In the case of *phase comparators* with *indicator unit(s)*, the type test of 5.2.6.2.2 applies.

The test shall be carried out in free-field over reflecting plane conditions, in an environment following the requirements of Annex A of ISO 3744:2010.

NOTE Such test conditions can be encountered in semi-anechoic rooms.

Averaged over the microphone positions, the level of the background noise shall be at least 6 dB(A) but preferably more than 15 dB(A) below the sound pressure level to be measured. If the difference between the sound pressure levels of the background noise and that emitted by the source is between 6 dB(A) and 15 dB(A), a correction shall be applied as described in 8.2.3 of ISO 3744:2010.

The instrumentation system, including the microphone and cable, shall meet the requirements for a class 1 instrument specified in IEC 61672-1. The filters used shall meet the requirements for a class 1 instrument specified in IEC 61260.

During each series of measurements, a sound calibrator with an accuracy of class 1 specified in IEC 60942 shall be applied to the microphone to verify the calibration of the entire instrument system.

The indication "incorrect phase relationship" and/or "correct phase relationship" shall be caused by arranging the corresponding phase relation on the test electrode(s).

The test can be performed by energizing the *phase comparator* by any relevant means if the same results are achieved.

The *phase comparator* shall be arranged as shown in Figure 9a, in such a manner that the sound axis of the *phase comparator* is parallel to the ground and at least 1,5 m away from any sound-reflecting surfaces.

A measuring plane shall be established, perpendicular to the sound axis according to Figure 9a. The distance of 400 mm can be increased by 200 mm if this will enable higher sound intensities to be measured.

The measurements shall be carried out for the indications "incorrect phase relationship" and/or "correct phase relationship", at each of the twelve microphone positions of Figure 9b. The sound pressure level shall be measured in each octave band of the frequency range 1 000 Hz to 4 000 Hz, with the A-weighting network.

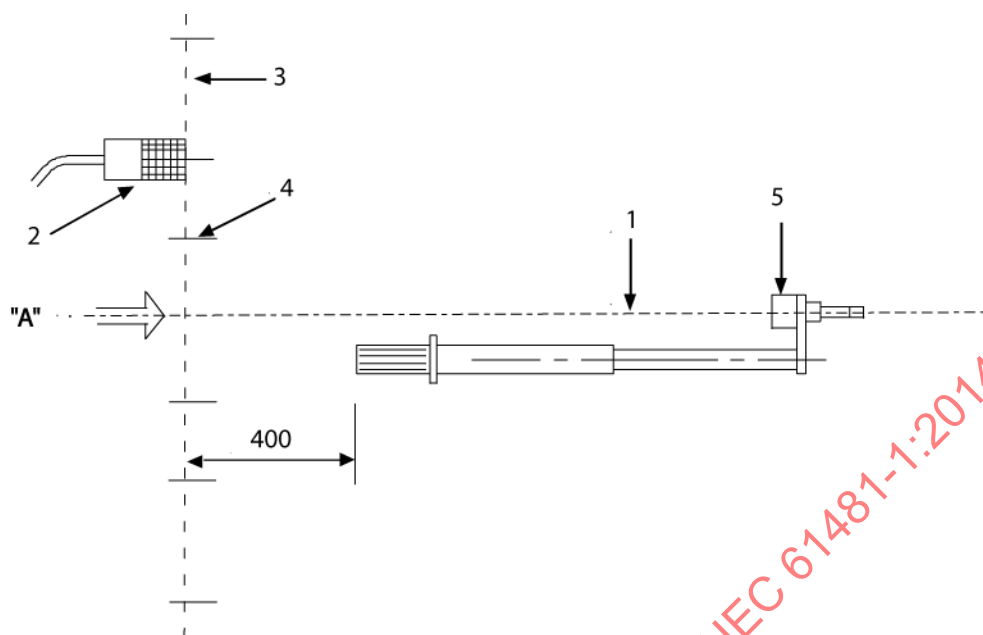
The period of observation shall be at least 10 s for a continuous signal. For an intermittent signal, the integration time for the measurement shall be shorter than the signal duration.

The test shall be considered as passed, if for each microphone position, the sound pressure level, within at least one octave band of the frequency range of interest, is greater than

- 70 dB(A), (ref.: 20 µPa) for a *phase comparator* with continuous sound signal;
- 67 dB(A), (ref.: 20 µPa) for a *phase comparator* with intermittent sound signal.

Other higher values may be agreed between manufacturer and customer for specific usage in very noisy areas.

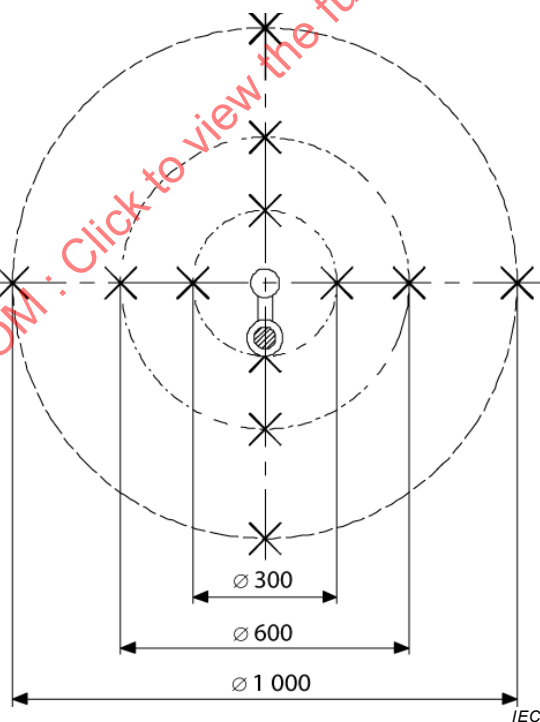
Dimensions in millimetres



IEC

a) Side view

Dimensions in millimetres



IEC

b) Front view from "A"

Key

- | | | | |
|---|----------------------|---------|-------------------------------------|
| 1 | sound axis | 4 and X | measuring points |
| 2 | measuring microphone | 5 | pole of the <i>phase comparator</i> |
| 3 | measuring plane | | |

Figure 9 – Test set-up for clear perceptibility of audible indication

5.2.6.2.2 Type test applicable to indicator units

Sound pressure levels shall be measured according to the specifications of ISO 3744, in terms of the main requirements (grade 2 accuracy, measurement surface, microphone positions, background noise, etc.), except for the fact that the measurements are carried out in a free-field, without the reflecting plane referred to in ISO 3744.

The absorption coefficient of the environment shall be at least 0,9 at 700 Hz (see ISO 354). The measurement may be carried out in an anechoic room duly compliant with ISO 3745; in this case, the required absorption conditions are naturally fulfilled. In a semi-anechoic room or any other free-field over a reflecting plane environment in accordance with ISO 3744, the absorption of the reflecting plane can generally be obtained by covering this surface with a sound absorbing material approximately 20 cm thick and with a minimum surface area of 2,0 m × 2,0 m.

In addition, the background noise level of the room shall be at least 6 dB, and preferably more than 15 dB, below the sound pressure level to be measured within the frequency range of interest.

The instrumentation system, including the microphone and related cables, shall meet the requirements for a type 1 instrument as specified in IEC 61672-1 for sound level meters (required for continuous signal) or for integrating-averaging sound level meters (required for intermittent sounds). The filters used shall meet the requirements for a class 1 instrument specified in IEC 61260.

During each series of measurements, a sound calibrator with an accuracy of class 1 specified in IEC 60942 shall be applied to the microphone to verify the calibration of the entire instrument system.

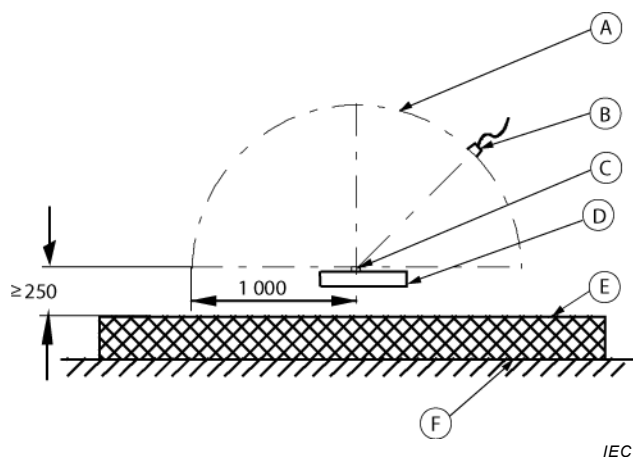
The measuring surface shall be a hemisphere with a radius $r = 1$ m and with ten microphone positions. The *indicator unit* (test object) shall be installed so that the sound transmitter is oriented towards point 10. The sound transmitter shall coincide with the centre of the co-ordinates system of the hemispherical measurement surface (see Figure 10a) and shall be at least 250 mm above the absorption surface on the floor (for example 250 mm above the sound absorbing material when the measurements are carried out in a modified semi-anechoic room).

The indication "incorrect phase relationship" and/or "correct phase relationship" shall be obtained by arranging the corresponding phase relation on the test electrode(s).

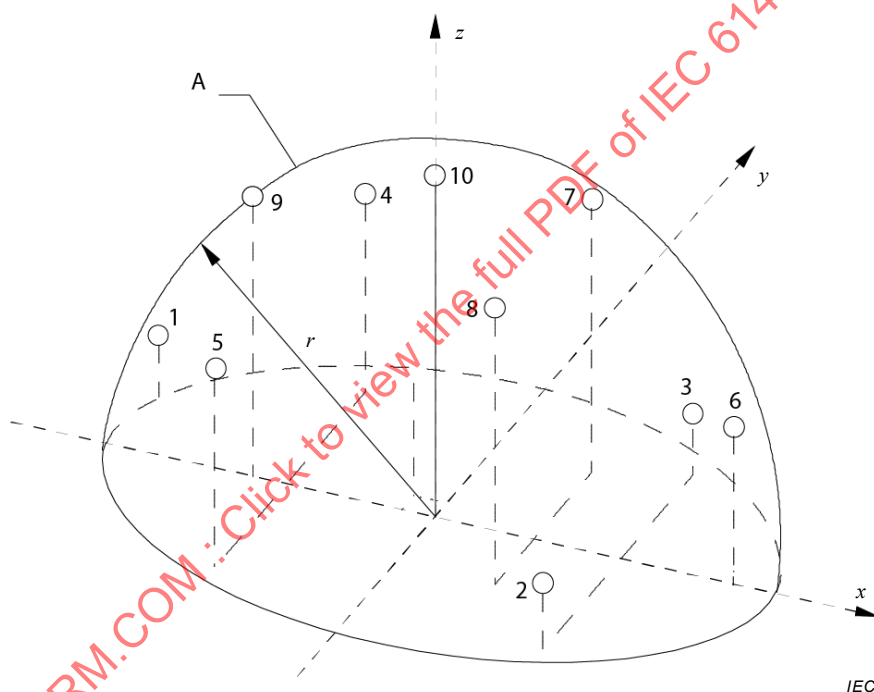
The test can be performed by energizing the *phase comparator* by any relevant means if the same results are achieved.

The sound pressure level shall be measured within the frequency range 1 000 Hz to 4 000 Hz, with the A-weighting network. Before starting measurements, it shall be checked that the *indicator* of the test object radiates predominantly within this frequency range. The A-weighted time-averaged sound pressure level shall be measured, for intermittent or continuous sound emission, at each microphone position (points 1 to 10 as described in Figure 10b). If the difference between the sound pressure level measured with the test object and the background noise level is between 6 dB and 15 dB, corrections shall be applied to the measurement values, in accordance with 8.2.3 of ISO 3744:2010. The A-weighted sound pressure levels are then averaged over the measurement surface (point 1 to 10) according to 8.2.2 of ISO 3744:2010.

Dimensions in millimetres



a) Positioning of the test object in the test set-up



Microphone position	x/r	y/r	z/r	Microphone position	x/r	y/r	z/r
1	-0,99	0	0,15	6	0,89	0	0,45
2	0,50	-0,86	0,15	7	-0,33	0,57	0,75
3	0,50	0,86	0,15	8	-0,66	0	0,75
4	-0,45	0,77	0,45	9	0,33	-0,57	0,75
5	-0,45	-0,77	0,45	10	0	0	1,0

b) Key measurement points on the hemisphere

Key

- | | |
|----------------------------------|--------------------------------|
| A hemisphere measurement surface | D indicator unit (test object) |
| B microphone | E sound absorbing material |
| C sound transmitter | F mounting surface |

Figure 10 –Test set-up for measurement of clear perceptibility of audible indication in the case of indicator units

The test shall be considered as passed if the values of the A-weighted time-averaged sound pressure levels, both for point 10 and for the average obtained for point 1 to 10, are equal to or exceed:

- 58,5 dB for continuous sound;
- 55,5 dB for intermittent sound.

5.2.6.2.3 Alternative test for phase comparators having completed the production phase

The alternative test consists in comparing the perceptibility of the audible indication of a manufactured *phase comparator* to the one of a *phase comparator* which has passed successfully the type test according to 5.2.6.2.1 or 5.2.6.2.2 (reference *phase comparator*). The test shall be considered as passed if both perceptibilities are almost identical.

5.2.7 Frequency dependence

5.2.7.1 Tolerance of nominal frequency

5.2.7.1.1 Type test

The test consists in performing the tests for *clear indication* using the test set-up and the test procedure of 5.2.1 and 5.2.2.

For a *phase comparator* with one nominal frequency, the tests shall be performed at 99,8 % and 100,2 % of the nominal frequency on both ball test electrodes.

For a *phase comparator* with two nominal frequencies, the test shall be performed at 99,8 % and 100,2 % of each nominal frequency on both ball test electrodes.

The test shall be considered as passed if the sanctions of 5.2.2 are met.

5.2.7.1.2 Alternative means for phase comparators having completed the production phase

The manufacturer shall prove that it has followed the same documented assembly procedure as per the type tested device. The manufacturer shall document components that affect the performance under variations of the nominal frequency.

5.2.7.2 Frequency shift for single-pole phase comparator

5.2.7.2.1 Type test

The frequency generator shall have the following specification:

Where the distribution of the measurement error is known:

- frequency resolution: 0,25 mHz
- accuracy of the frequency measurement: $\pm 0,000\ 5\ \%$ (5 ppm)

NOTE 1 This specification refers to the requirement for frequency shift of 1 mHz/s, with a ratio of 4/1.

Where the distribution of the measurement error is unknown:

- frequency resolution: 0,1 mHz
- accuracy of the frequency measurement: $\pm 0,000\ 2\ \%$ (2 ppm)

NOTE 2 This specification refers to the requirement for frequency shift of 1 mHz/s, with a ratio of 10/1.

In the first test, the test procedure of 5.2.2 with the relevant test series 1 and 2 shall be applied with a linear frequency shift of 1 mHz/s during 5 s following the indication "memory ready", starting from the nominal frequency.

The test shall be considered as passed if the indication "incorrect phase relationship" does not appear or the indication "correct phase relationship" appears according to the type of indication of the *phase comparator*.

In the second test, the test procedure of 5.2.2 with the relevant test series 3 and 4 shall be applied with a linear frequency shift of 10 mHz/s during 5 s following the indication "memory ready", starting from the nominal frequency.

In the third test, the test procedure of 5.2.2 with the relevant test series 3 and 4 shall be applied with a linear frequency shift of 10 mHz/s during the maximum *memory holding time* declared by the manufacturer starting from the nominal frequency.

The two last tests shall be considered as passed if the indication "incorrect phase relationship" or "non-readiness" appears.

The test can be performed by energizing the *phase comparator* by any relevant means if the same results are achieved.

5.2.7.2.2 Alternative means for single-pole phase comparators having completed the production phase

The manufacturer shall prove that it has followed the same documented assembly procedure as per the type tested device. The manufacturer shall document components that affect the performance under frequency shift.

5.2.8 Response time

5.2.8.1 Type test

According to the type of indication of the *phase comparator* two voltages according to Table 4 (test series 1 or test series 3) shall be applied to the ball test electrodes B1 and B2 (see Figure 3) to get a *clear indication* of the phase relationship.

The ring test electrodes R1 and R2 shall be earthed.

The *response time* of the two-pole *phase comparator* shall be measured after the second pole is brought into contact with electrode B2. For a single-pole *phase comparator*, it shall be moved from test electrode B1 to test electrode B2 after the indication "memory ready" appears.

The test shall be considered as passed if within 1 s after the moment when the relevant pole is brought into contact with electrode B2 the correct *clear indication* appears. Otherwise a *clear indication* that a data processing is still running shall appear before providing the indication of a phase relationship.

5.2.8.2 Alternative means for phase comparators having completed the production phase

The manufacturer shall prove that it has followed the same documented assembly procedure as per the type tested device. The manufacturer shall document components that affect the *response time*.

5.2.9 Power source dependability

5.2.9.1 Type test

The test shall be performed for a *phase comparator* with built-in power source only.

The *phase comparator* shall be connected to a voltage source with a test voltage and a phase difference that will make the indication “correct phase relationship” or “incorrect phase relationship” appear.

The *phase comparator* shall be removed from the voltage source and after switching off either automatically or manually it shall be switched on again after 2 min. Then it shall be connected to the voltage source again.

These procedures shall be repeated until

- an indication is given that the *phase comparator* is no longer operational, or
- the *phase comparator* is switched off automatically for that reason.

The test shall be considered as passed if one of the above-mentioned requirements is fulfilled and if, during each test step, the expected *active signal* appears.

The test duration may be reduced by using other methods that give the same result (for example, the use of an unloaded built-in power source with more energy than necessary for a good functioning or the use of an external power supply).

5.2.9.2 Alternative means for phase comparators having completed the production phase

The manufacturer shall prove that it has followed the same documented assembly procedure as per the type tested device. The manufacturer shall document components that affect the power source dependability.

5.2.10 Check of testing element

5.2.10.1 Type test

The *testing element* is activated according to the instructions for use.

A visual and, if provided, an audible signal shall appear according to the instructions for use. The *testing element* shall be activated three times, and a signal shall appear each time.

The electric circuit (and the flow chart if a software is used) shall be checked to verify that all circuits are tested, except those mentioned in the instructions for use.

5.2.10.2 Alternative test for phase comparators having completed the production phase

The test procedure of 5.2.10.1 shall be performed except for the check of the electric circuit.

5.2.11 Time rating of single-pole phase comparator

5.2.11.1 Type test

The *phase comparator* shall be connected to a voltage source with a test voltage of $1,2 U_n$ and a phase difference that makes the indication “correct phase relationship” or “incorrect phase relationship” appear. The test voltage shall be applied to the *contact electrode* of the *phase comparator* for the maximum time rating declared by the manufacturer in the instructions for use.

The test shall be considered as passed if the expected indication is uninterrupted for all the test period.

5.2.11.2 Alternative means for single-pole phase comparators having completed the production phase

The manufacturer shall prove that it has followed the same documented assembly procedure as per the type tested device. The manufacturer shall document components that affect the time rating.

5.2.12 Time rating of two-pole wireless phase comparators

5.2.12.1 Type test

For a *phase comparator* having a *nominal voltage* lower than or equal to 123 kV the test voltage shall be $1,2 U_n$. For a *phase comparator* having a *nominal voltage* higher than 123 kV the test voltage shall be $1,2 U_n / \sqrt{3}$ but greater than 148 kV ($\approx 1,2$ times 123 kV).

The *phase comparator* shall be connected to a voltage source with a test voltage defined above and a phase difference that makes the indication “correct phase relationship” or “incorrect phase relationship” appear. The test voltage shall be applied to the *contact electrodes* of the *phase comparator* for the maximum time rating declared by the manufacturer in the instructions for use.

The test shall be considered as passed if the communication between the different units, as well as the expected indication is uninterrupted for all the test period.

5.2.12.2 Alternative means for two-pole wireless phase comparators having completed the production phase

The manufacturer shall prove that it has followed the same documented assembly procedure as per the type tested device. The manufacturer shall document components that affect the time rating.

5.3 Dielectric tests

5.3.1 Insulating material for tubes and rods

5.3.1.1 Type test

These tests shall only be performed for tubes and rods which are not covered by IEC 60855-1 or IEC 61235.

Insulating parts which are between 60 mm and 200 mm long shall be tested over their entire length. For longer lengths, test pieces of 200 mm shall be made. The ends of the test pieces shall not be sealed for the test.

A strip, approximately 0,5 mm thick and 10 mm wide, shall be removed over the entire length of the axis of each test piece. The test piece shall be conditioned in water having a maximum resistivity of $100 \Omega \cdot m$ at a temperature of $40^\circ C \pm 2 K$ for 96 h.

At the end of this period, adhering water shall be wiped off. A 20 mm wide band electrode of conductive material shall be immediately applied on the exterior surface, at both ends of the test piece. After a drying period of $15 \text{ min} \pm 1 \text{ min}$, in a room at a temperature of $23^\circ C \pm 3 K$, a test voltage of 1 kV/cm for 5 min shall be applied.

The test shall be considered as passed if the current is not greater than $50 \mu A$ rms at any time during the last 4 min.

After removal of the test pieces, the current passing through the test set-up shall not exceed 10 μ A rms with the test voltage applied.

5.3.1.2 Alternative test or means for phase comparators having completed the production phase

(Under consideration)

5.3.2 Protection against bridging for indoor/outdoor type phase comparators

5.3.2.1 General

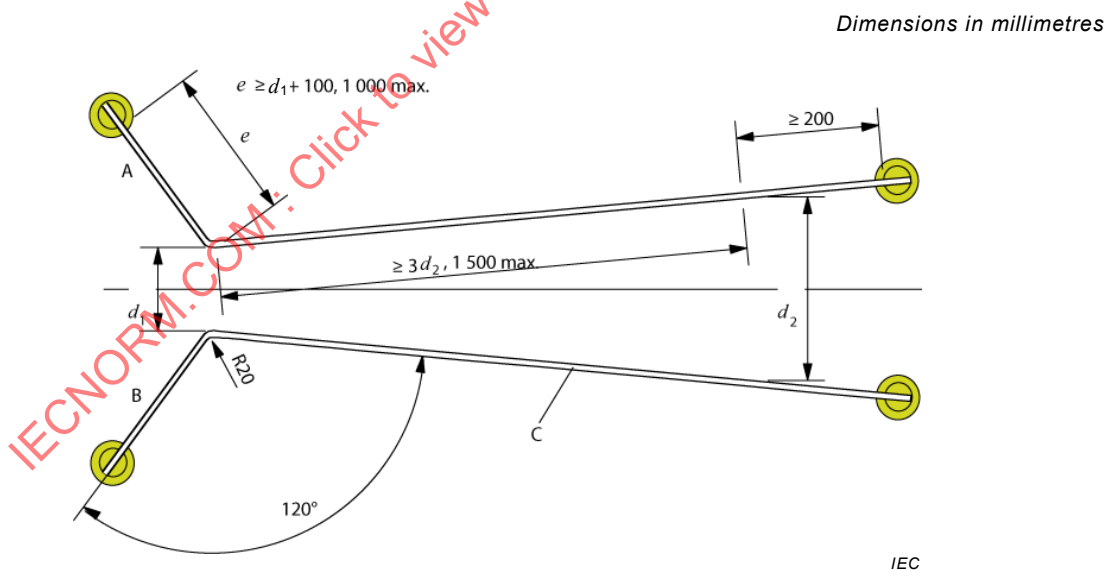
Each pole of a *phase comparator* shall be tested.

The test is related to the part of a pole of a *phase comparator* located between the *limit mark* and the top of the *contact electrode*. If there is no *limit mark* on a *phase comparator* as a separate device, the end of the *adaptor* shall be regarded as the *limit mark* (Figure 1).

The test set-up used for the *protection against bridging* is given in Figure 11 while the type of test is given in Table 6.

Table 6 – Type of test

	$A_1 + 200 \text{ mm} > d_1$	$A_1 + 200 \text{ mm} \leq d_1$
Type of test	Surface stress and radial and surface stress	Surface stress



Key

- A bar A
- B bar B
- C bar section, for example copper or steel
- e length of the short part of a bar

The bar section shall be 60 mm × 10 mm and the corners shall be rounded to a radius of 1 mm. The cut-off ends shall have the same curve as the bar.

Figure 11 – Test arrangements and dimensions of the bars for protection against bridging

The distance d_1 between bar A and bar B shall be adjusted according to Table 7. The distance d_2 of Figure 11, shall be calculated as follows:

$$d_2 = A_i + d_1 + 200 \text{ (all dimensions are in mm)}$$

where A_i is the *insertion depth* (Figure 1).

The test voltage shall be $1,2 U_r$ for a *phase comparator* having a *nominal voltage* lower than or equal to 123 kV.

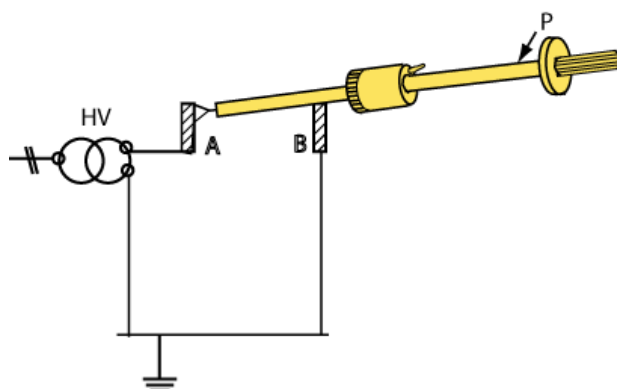
The test voltage shall be $1,2 U_r / \sqrt{3}$ but shall be greater than 148 kV ($\approx 1,2$ times 123 kV) for a *phase comparator* having a *nominal voltage* higher than 123 kV.

Bridging tests shall be performed within the limits of the voltage range of the *phase comparator* for each distance d_1 at the highest voltage of each range given in Table 7.

Table 7 – Distance d_1 for the bridging test set-up

U_n kV	d_1 mm	
	Indoor	Outdoor
$U_n \leq 7,2$	50	150
$7,2 < U_n \leq 12$	60	150
$12 < U_n \leq 17,5$	85	180
$17,5 < U_n \leq 24$	115	215
$24 < U_n \leq 36$	180	325
$36 < U_n \leq 52$	240	520
$52 < U_n \leq 72,5$	330	700
$72,5 < U_n \leq 123$	650	1 100
$123 < U_n \leq 145$	1 100	1 100
$145 < U_n \leq 170$	1 350	1 350
$170 < U_n \leq 245$	1 850	1 850

The bars shall be electrically connected as shown in Figure 12. The ground clearance of bars shall be at least d_1 .



IEC

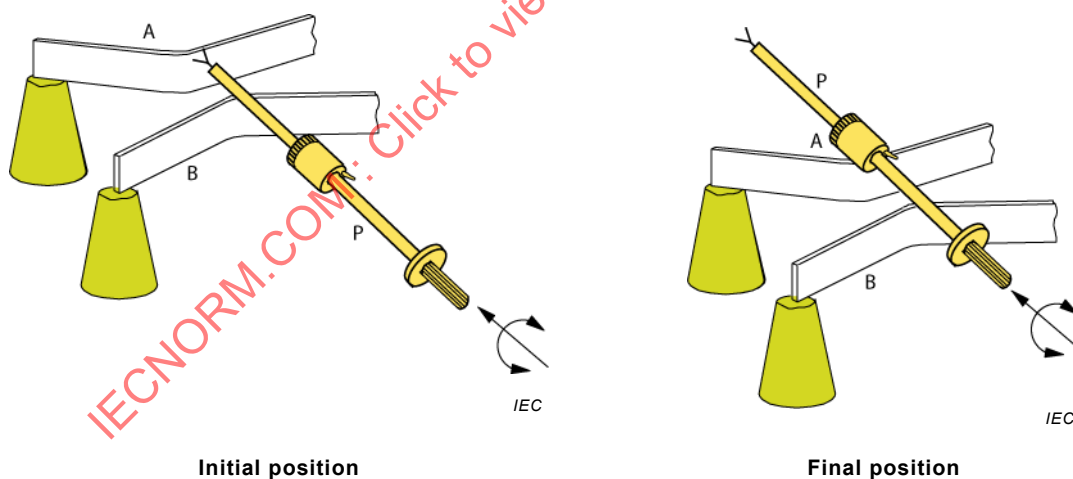
Key

- A bar A
- B bar B
- P pole of the *phase comparator*

Figure 12 – Electrical connection of the bars**5.3.2.2 Surface stress test**

The top of the *contact electrode* of the pole to be tested shall be placed on bar A at the narrow point d_1 (Figure 11) and the pole of the *phase comparator* shall be laid on bar B for 1 min. The pole of the *phase comparator* still staying at the narrow point is turned and pushed forward toward bar A, until the *limit mark* plus 200 mm reaches the bar A (Figure 13).

The test shall be considered as passed if no flashover or breakdown occurs.

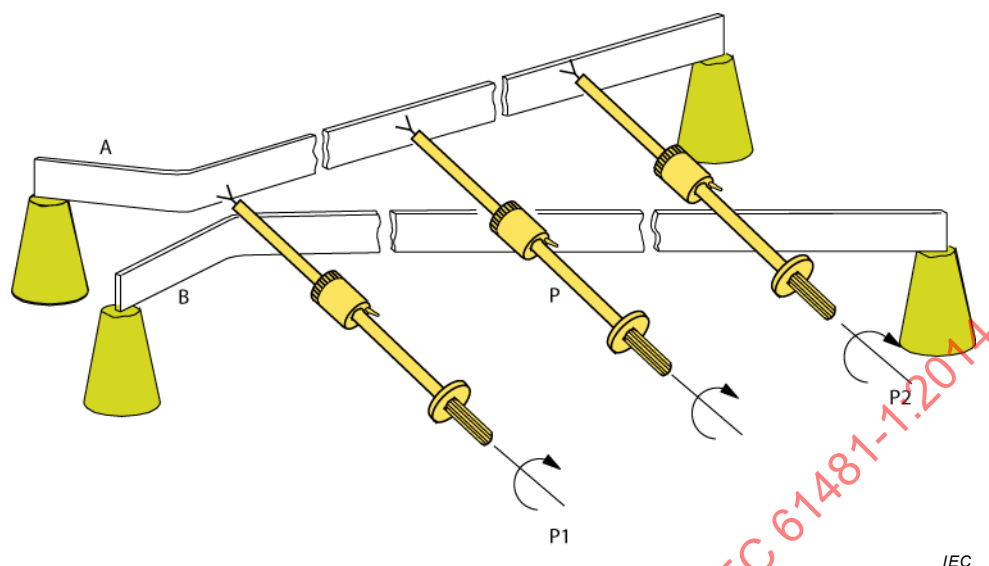
**Initial position****Final position****Key**

- A bar A
- B bar B
- P pole of the *phase comparator*

Figure 13 – Surface stress test**5.3.2.3 Radial and surface stress test**

The top of the *contact electrode* of the pole to be tested shall be placed on bar A at the narrow point d_1 and the pole of the *phase comparator* shall be laid on bar B. Then the pole of

the *phase comparator* is rolled along the bars, until the *limit mark* plus 200 mm reaches bar B (Figure 14) while the top of the *contact electrode* remains in contact with bar A.



Key

- A bar A
- B bar B
- P pole of the *phase comparator*
- P1 initial position of P
- P2 final position of P

Figure 14 – Radial and surface stress test

The test shall be considered as passed if no flashover or breakdown occurs.

5.3.3 Protection against bridging for outdoor type phase comparator

Each pole of the *phase comparator* shall be tested.

The pole shall be fitted with two conductive band electrodes, which have a width specified in Table 8. These band electrodes are wound around the pole of the *phase comparator*, one at the *contact electrode* and the other in the direction of the handle at a distance d_1 specified in Table 7, column “Outdoor”, measured from the top of the *contact electrode*.

The band electrodes may be shielded by means of concentric rings having the dimensions given in Table 8. The concentric rings shall be electrically connected to the band electrodes.

NOTE In this case, the rings are used to control the electric field around the band electrodes.

Table 8 – Dimensions for the concentric rings and band electrodes

Width of band electrodes	Concentric rings	
	Outside diameter	Cross-section diameter
mm	mm	mm
20	200	30

One band electrode shall be connected to an a.c. voltage source, and the other band electrode shall be connected to earth.

For practical reasons, the band electrode nearest to ground is generally connected to earth and the farthest is connected to the a.c. voltage source.

Precipitation shall be performed in accordance with 5.1.3.

The pole of the *phase comparator* shall be aligned at an angle of inclination of $20^\circ \pm 5^\circ$ to the vertical, in such a way that its *contact electrode* points downwards, and the rain falls at an angle of roughly 45° to the vertical (i.e. at an angle of roughly 65° to the *phase comparator*) (see Figure 15). The precipitation on the test section should be as uniform as possible.

The pole shall be wetted for 3 min. Then, it shall be turned 180° as quickly as possible, so that the *contact electrode* points upwards, and wetted for an additional 2 min.

Then, the test voltage shall be applied for 1 min while the rain continues.

The test voltage shall be $1,2 U_r$ for a *phase comparator* having a *nominal voltage* lower than or equal to 123 kV.

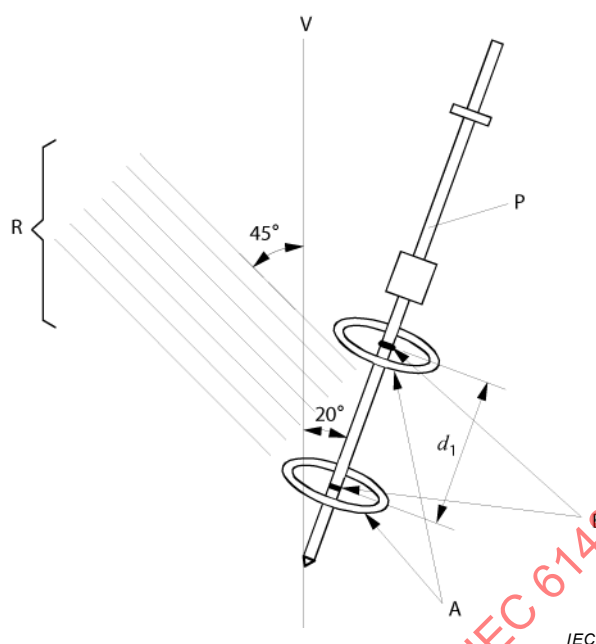
The test voltage shall be $1,2 U_r / \sqrt{3}$ but shall be greater than 148 kV ($\approx 1,2$ times 123 kV) for a *phase comparator* having a *nominal voltage* higher than 123 kV.

Bridging tests shall be performed within the limits of the voltage range of the *phase comparator* for each distance d_1 at the highest voltage of each range given by Table 7.

The band electrodes shall be shifted section by section, always maintaining the same distance d_1 , so that the sections overlap by approximately 50 %.

This test shall be repeated until the earthed electrode is at the distance d_3 from the top of the *contact electrode*, with

$$d_3 = A_i + d_1$$



Key

- A ring electrodes
- B conductive band electrodes
- P pole of the *phase comparator*
- R precipitation
- V vertical line

Figure 15 – Test arrangement for testing bridging protection of outdoor type phase comparator

The test shall be considered as passed if no flashover or breakdown occurs.

For a *phase comparator* with the *insertion depth* shorter than d_1 , the test is only made for distance d_1 from the top of the *contact electrode*.

5.3.4 Spark resistance

5.3.4.1 General

For the following test, the *phase comparator* shall be activated.

The test set-up of Figure 11 shall be used for the spark resistance test.

The distance d_1 between bar A and bar B shall be adjusted according to Table 7.

The electrical connections of the bars shall be according to Figure 12.

The test voltage shall be $1,2 U_r$ for a *phase comparator* having a *nominal voltage* lower than or equal to 123 kV.

The test voltage shall be $1,2U_r/\sqrt{3}$ but shall be greater than 148 kV ($\approx 1,2$ times 123 kV) for a *phase comparator* having a *nominal voltage* higher than 123 kV.

5.3.4.2 Type test

5.3.4.2.1 Single-pole phase comparator

The pole shall be moved towards the rear bar until its *contact electrode* touches it. Then the pole shall be moved back, remaining in contact with and supported by the front bar and positioned such that the largest standing spark discharge is created between the *contact electrode* and the rear bar. This can be achieved by moving the pole along the bars and/or moving angularly the pole relatively to the bars. The *phase comparator* shall be kept in this position for 1 min. If it is not possible to have a permanent spark discharge, the test is completed.

The pole shall be moved again towards the rear bar until its *contact electrode* touches it. Then the pole shall be turned and adjusted in the position which provides the largest standing spark discharge between the *indicator* and the front bar. This can be achieved by moving the pole along the bars and/or moving angularly the pole relatively to the bars. The *phase comparator* shall be kept in this position for 1 min. If it is not possible to have a permanent spark discharge, the test is completed.

Finally the *phase comparator* is checked for in-phase relationship by touching the rear bar according to the instructions for use.

The test shall be considered as passed if there is no damage to the *phase comparator*, if it is not shut off and gives *clear indication* of the phase relationship.

5.3.4.2.2 Two-pole wireless phase comparator

The *contact electrode* of one pole shall be connected to the front bar.

The other pole shall be moved towards the rear bar until its *contact electrode* touches it. Then the pole shall be moved back, remaining in contact with and supported by the front bar and positioned such that the largest standing spark discharge is created between the *contact electrode* and the rear bar. This can be achieved by moving the pole along the bars and/or moving angularly the pole relatively to the bars. The *phase comparator* shall be kept in this position for 1 min. If it is not possible to have a permanent spark discharge, the test is completed.

Then the same pole shall be moved again towards the rear bar until its *contact electrode* touches it. Then the pole shall be turned and adjusted in the position which provides the largest standing spark discharge between the *indicator* and the front bar. This can be achieved by moving the pole along the bars and/or moving angularly the pole relatively to the bars. The *phase comparator* shall be kept in this position for 1 min. If it is not possible to have a permanent spark discharge, the test is completed.

The sequence of the test shall be repeated by interchanging the position of the poles.

Finally the *phase comparator* is checked for in-phase relationship by touching the rear bar with the two poles according to the instructions for use.

The test shall be considered as passed if there is no damage to the *phase comparator*, if it is not shut off and gives *clear indication* of the phase relationship.

5.3.4.3 Alternative means for phase comparators having completed the production phase

The manufacturer shall prove that it has followed the same documented assembly procedure as per the type tested device. The manufacturer shall document components that affect the spark resistance.

5.3.5 Leakage current for phase comparator as a complete device

5.3.5.1 Type test

5.3.5.1.1 General

Each pole of a *phase comparator* as a complete device shall be tested.

This test is related to the part of a pole of the *phase comparator* as a complete device located between the *limit mark* and the *hand guard*.

The pole of the *phase comparator* shall be fitted with two conductive band electrodes, which, according to the *nominal voltage* of the *phase comparator*, have a width specified in Table 8. These band electrodes are wound around the pole of the *phase comparator*, one adjacent to the *hand guard* in the direction of the *contact electrode* and the other, directly adjacent to the *limit mark* in the direction of the handle.

The band electrodes shall be shielded by means of concentric rings having the dimensions given in Table 8. The band electrodes and the concentric rings shall be electrically insulated from each other.

NOTE In this case, the rings are used to shield the current measuring circuit of the stray capacitive current.

A test voltage of $1,2 U_r$ shall be applied for a *phase comparator* having a *nominal voltage* lower than or equal to 123 kV.

A test voltage of $1,2 U_r / \sqrt{3}$, but greater than 148 kV ($\approx 1,2$ times 123 kV), shall be applied for a *phase comparator* having a *nominal voltage* higher than 123 kV.

For a *phase comparator* with a *nominal voltage* range the test voltage shall be as defined above and related to the higher value of the *nominal voltage*.

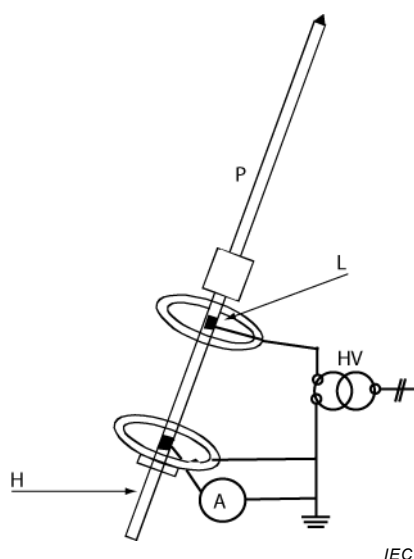
Leakage currents shall be measured according to the following procedure.

5.3.5.1.2 Leakage current under dry conditions

In a first step the leakage current (rms value) shall be measured under dry conditions while the test voltage is applied for 1 min.

The band electrode at the *hand guard* shall be connected to earth through an ammeter by means of an earthed shielded cable. The adjacent concentric ring shall be connected to earth directly. The band electrode and the concentric ring at the *limit mark* shall be connected to the test voltage (see Figure 16).

Provisions should be taken to avoid any unwanted interference with the measurement.

**Key**

A	ammeter	L	limit mark
H	handle	P	pole of the <i>phase comparator</i>
HV	high voltage source		

Figure 16 – Arrangement for leakage current test under dry conditions for phase comparator as a complete device

The test shall be considered as passed if the leakage current for each pole never exceeds $50\ \mu\text{A}$.

5.3.5.1.3 Leakage current under wet conditions for outdoor type

For *outdoor type phase comparators*, a wet test is also required.

Precipitation shall be performed in accordance with 5.1.3.

The rain shall fall at an angle of roughly 45° to the vertical. The precipitation on the test section covering the complete insulating length should be as uniform as possible.

The pole of the *phase comparator* shall be placed on an earthed plane and shall be aligned at an angle of inclination of $20^\circ \pm 5^\circ$ to the vertical, with its *contact electrode* downward (i.e. an angle of roughly 65° between rainfall and the pole of the *phase comparator*). The band electrode near the *limit mark* shall be connected to earth through the ammeter. The *contact electrode* and the concentric ring near the *limit mark* shall be earthed. The band electrode and the concentric ring near the handle shall be connected to the test voltage (see Figure 17a).

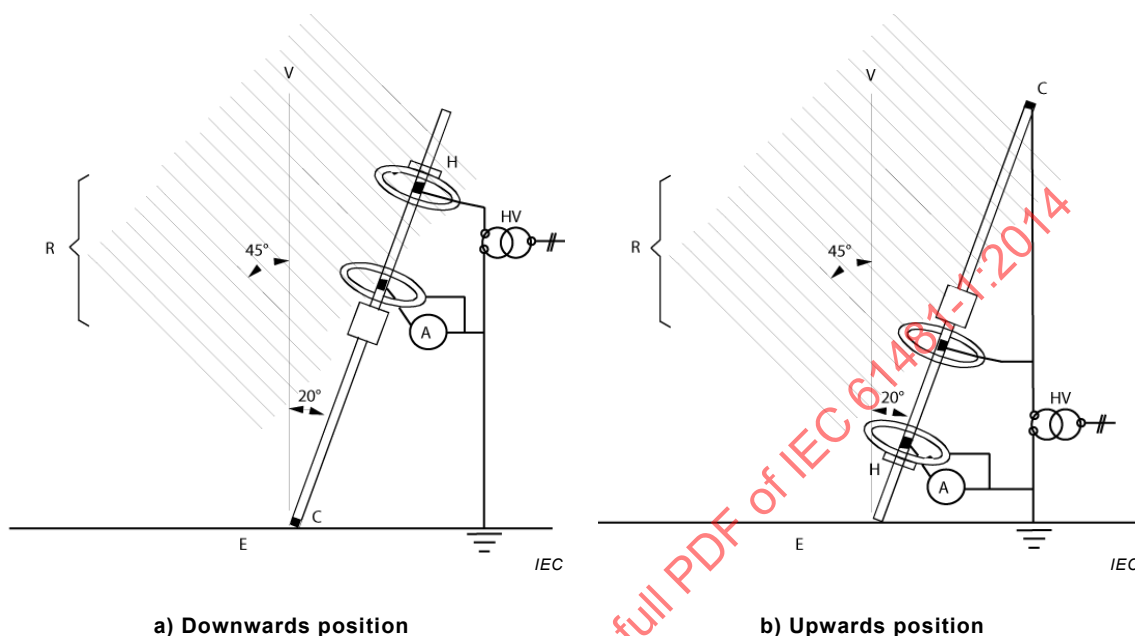
The pole of the *phase comparator* shall be wetted for 15 min. While the rain continues, the test voltage shall be applied for 1 min and the leakage current shall be measured. The maximum value of the leakage current shall be recorded.

In order to avoid the measurement of current spikes due to water drops and stream, the ammeter should give at least an averaging time of 1 s and its input should be equipped with an appropriate RC filter cutting frequencies above 240 Hz.

The pole of the *phase comparator* shall then be turned 180° , so that the *contact electrode* points upwards. The band electrode near the handle shall be connected to earth through the ammeter and its adjacent concentric ring shall be earthed. The *contact electrode*, the band electrode and the concentric ring near the *limit mark* shall be connected to the test voltage (see Figure 17b).

The pole of the *phase comparator* shall be wetted for an additional 15 min. While the rain continues, the test voltage shall be applied for 1 min and the leakage current shall be measured. The maximum value of the leakage current shall be recorded.

The test shall be considered as passed if the leakage current for each pole under wet conditions never exceeds 0,5 mA.



Key

A	ammeter	HV	high voltage source
C	contact electrode	R	precipitation
E	earthed plane	V	vertical line
H	handle		

Figure 17 – Arrangement for leakage current tests under wet conditions for phase comparator as a complete device

5.3.5.2 Alternative test for phase comparators having completed the production phase

The manufacturer may use an alternative test set-up to check that the leakage current under dry conditions does not exceed the value given in 5.3.5.1.2.

5.4 Mechanical tests

5.4.1 Visual and dimensional inspection

5.4.1.1 Visual inspection

The complete *phase comparator* shall be tested for compliance with the relevant requirements of 4.4.1, 4.4.2, 4.4.3, 4.5 and 4.6. It shall be verified that the user does not have access to the settings according to 4.2.1.2.

5.4.1.2 Dimensional inspection

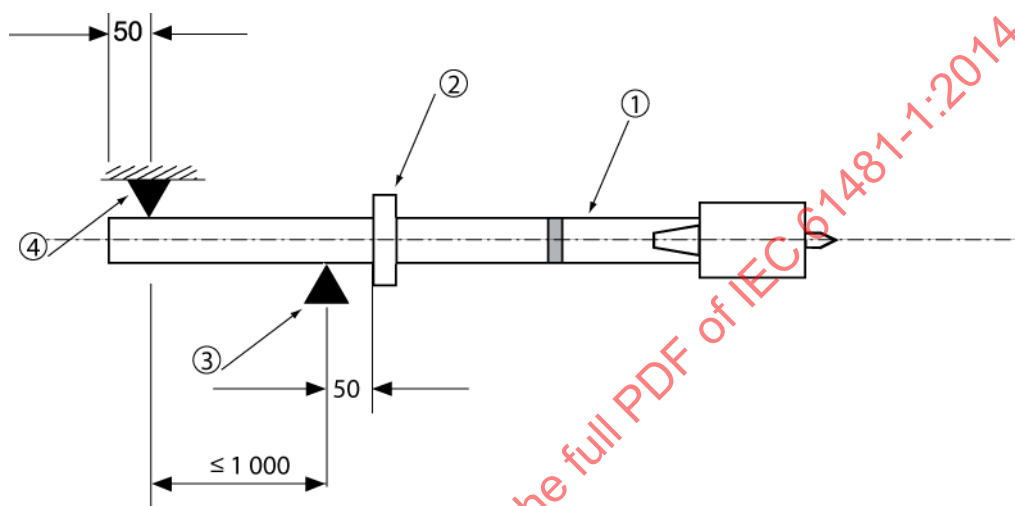
The *phase comparator* shall be checked for compliance with the requirements of 4.4.3 and 4.5.

5.4.2 Grip force and deflection for phase comparator as a complete device

The pole(s) of the assembled *phase comparator* shall be kept in a horizontal position by means of two supports. One support (front support) shall be located 50 mm from the *hand guard*, towards the end of the handle. The other support (rear support) shall be located 50 mm from the end of the handle. The distance between the two supports shall never exceed 1 000 mm (see Figure 18).

If the handle is longer than 1 100 mm the support at the free end of the handle shall be set at a distance of 1 000 mm from the front support.

Dimensions in millimetres



IEC

Key

- | | | | |
|---|-------------------------------------|---|---------------|
| 1 | pole of the <i>phase comparator</i> | 3 | front support |
| 2 | <i>hand guard</i> | 4 | rear support |

Figure 18 – Test for grip force

The grip force shall be measured at the front support and shall be less than 200 N.

In the test position described above, the deflection of each pole shall be measured. The value shall not exceed 10 % of the total length of each pole.

5.4.3 Vibration resistance

5.4.3.1 Type test

The test shall be performed on each pole. If relevant, the *indicator unit(s)* of the *phase comparator* shall also be subjected to the test.

The test method shall be in accordance with IEC 60068-2-6.

In the case of a *phase comparator* as a separate device the pole shall be tested without an attachable *insulating stick*. In the case of a *phase comparator* as a complete device the pole shall be tested without its *insulating element* (if possible). The pole of the *phase comparator* shall be fastened to the vibrator by rigid intermediate parts which shall not affect the test results.

To attenuate any large amplitude oscillations which may be induced in the *contact electrode* during the test, the free ends of the electrodes shall be fastened to the rigid part.

The assembly shall be submitted to sinusoidal rectilinear vibrations in two perpendicular directions, one of which corresponds to the long axis of the pole of the *phase comparator*.

The sweep (run of the specified frequency range, once in each direction) shall be continuous and the sweeping rate shall be approximately one octave per minute. The frequency range shall be from 10 Hz to 150 Hz.

The amplitude and acceleration shall be as follows:

- 0,15 mm peak value between 10 Hz and 58 Hz;
- 19,6 m/s² (2 g) peak value between 58 Hz and 150 Hz.

The duration of the test shall be set for 2 h in each direction.

The test shall be considered as passed if the pole of the *phase comparator* shows no signs of mechanical damage.

5.4.3.2 Alternative means for phase comparators having completed the production phase

It is not practical to perform the vibration test after completing the production phase for checking the conformity to the associated requirements. Nevertheless the manufacturer shall prove that it has followed the same documented assembly procedure as per the type tested device. The manufacturer shall document components that affect the vibration resistance.

5.4.4 Drop resistance

5.4.4.1 Type test

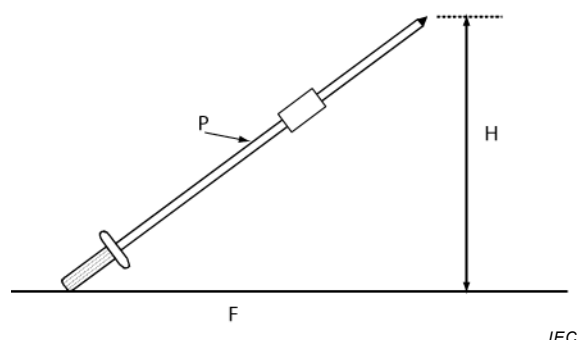
The test shall be performed on each pole. If relevant, the *indicator unit(s)* of the *phase comparator* shall also be subjected to the test.

The test shall be performed in accordance with free fall, procedure 1, of IEC 60068-2-31 with the following parameters:

- the test surface shall be concrete or steel. The test surface shall be smooth, hard and rigid;
- the pole of the *phase comparator* shall be dropped from horizontal, and from diagonal static positions;
- the height of fall shall be 1 m from the horizontal position;
- the height of fall shall be 1 m plus 20 % of the overall length of the *phase comparator* for the diagonal position. For the diagonal position, the height of fall shall be the distance between the end of the *contact electrode*, projected onto a vertical axis, and the floor (see Figure 19). In the case of the pole of the *phase comparator* with overall length lower than 1,2 m, the *phase comparator* shall be dropped from the vertical position with the *contact electrode* upward. This parameter does not apply to the *indicator unit*;
- the number of falls shall be one per position.

The test shall be considered as passed if the pole of the *phase comparator* shows no signs of mechanical damage even if the *contact electrode* is bent without destruction.

If the *insulating stick* is not provided, the test shall be performed with an *insulating stick* having the minimum constructive dimensions specified in 4.4.3.

**Key**

- P pole of a *phase comparator*
 H height of fall
 F test surface (floor)

Figure 19 – Drop resistance test – Diagonal position

5.4.4.2 Alternative means for phase comparators having completed the production phase

It is not practical to perform the drop test after completing the production phase for checking the conformity to the associated requirements. Nevertheless the manufacturer shall prove that it has followed the same documented assembly procedure as per the type tested device. The manufacturer shall document components that affect the drop resistance.

5.4.5 Shock resistance

5.4.5.1 Type test

The test is designed to check the sturdiness of the *phase comparator*. The test method shall be in accordance with the IEC 60068-2-75 pendulum method.

The most fragile part of the *phase comparator* shall be submitted to shock five times. The same location on the most fragile part shall be shocked only once.

The impact energy shall be 5 J.

The test shall be considered as passed if the *phase comparator* shows no sign of mechanical damage.

5.4.5.2 Alternative means for phase comparators having completed the production phase

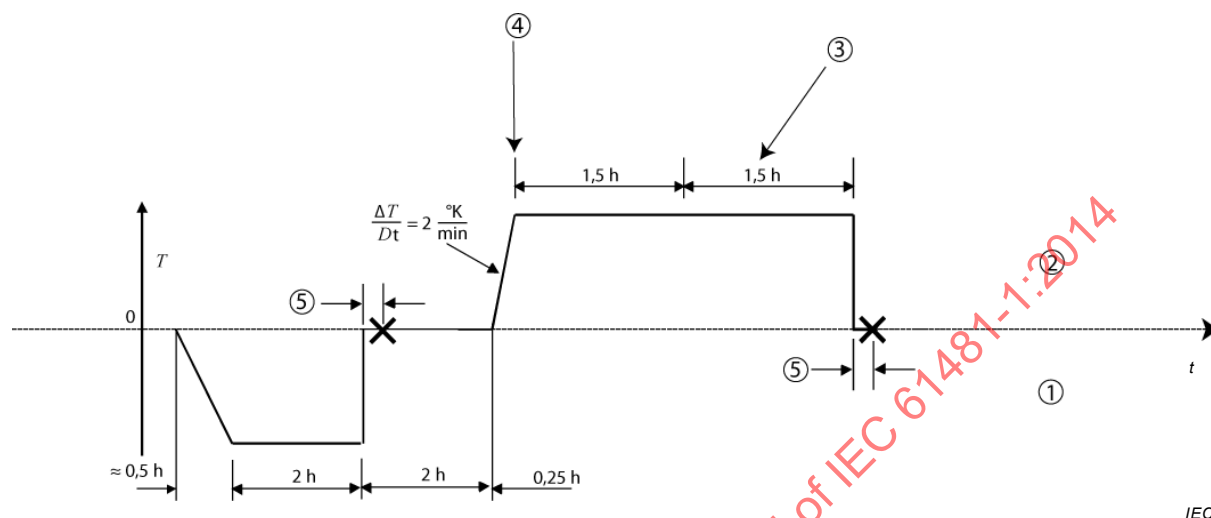
It is not practical to perform the shock test after completing the production phase for checking the conformity to the associated requirements. Nevertheless the manufacturer shall prove that it has followed the same documented assembly procedure as per the type tested device. The manufacturer shall document components that affect the shock resistance.

5.4.6 Climatic resistance

5.4.6.1 Type test

Before this test, each pole of the *phase comparator* shall be cleaned with isopropanol and then dried in air for 15 min.

The test is performed at least on the *indicator* for each pole, if so equipped, in accordance with IEC 60068-2-14 except for the temperature cycles and time relative to humidity. In this case, the test cycle shall be in accordance with the following (see Figure 20). When performing the test on a two-pole *phase comparator* the test is performed simultaneously on both poles. If relevant, the *indicator unit(s)* of the *phase comparator* shall also be subjected to the test.



Key

X	test point	3	humidity 96 %
1	low temperature	4	humidity 50 %
2	high temperature	5	5 min to 10 min time period

Figure 20 – Curve of test cycle for climatic resistance

The parts of the *phase comparator* submitted to climatic conditioning shall be placed in a climatic chamber. The temperature of the chamber is lowered from the ambient temperature to the required low value according to the climatic category of the *phase comparator* (see Table 1). The temperature of the chamber shall be maintained for 2 h.

The parts of the *phase comparator* submitted to climatic conditioning shall then be removed from the climatic chamber and within 5 min to 10 min following the withdrawal, the *phase comparator* shall be assembled and the test shall be carried out according to 5.2.2, test series 2 and 3, at ambient temperature. Wiping of external parts is allowed.

The parts of the *phase comparator* submitted to climatic conditioning shall be kept at ambient temperature for 2 h.

The parts of the *phase comparator* submitted to climatic conditioning shall next be placed in the climatic chamber and the temperature shall be increased 2 K/min until it reaches the high value according to the climatic category of the *phase comparator* (see Table 1). The relative humidity shall be maintained at 50 %.

The chamber shall be kept at the high temperature for 3 h. During the first hour and half, the relative humidity shall be increased from 50 % to 96 %.

The parts of the *phase comparator* submitted to climatic conditioning shall then be removed from the climatic chamber and within 5 min to 10 min following the withdrawal, the *phase comparator* shall be assembled and the test shall be carried out according to 5.2.2, test series 2 and 3, at ambient temperature. Wiping of external parts is allowed.

The test shall be considered as passed if the *phase comparator* always gives correct indications.

NOTE This test procedure combines conditions of steady extreme temperatures and sudden change of temperature, since it is not practical to perform high voltage tests in a climatic chamber.

5.4.6.2 Alternative means for phase comparators having completed the production phase

It is not practical to perform the test under climatic conditions after completing the production phase for checking the conformity to the associated requirements. Nevertheless the manufacturer shall prove that it has followed the same documented assembly procedure as per the type tested device. The manufacturer shall document components that affect the climatic performance.

5.4.7 Durability of markings

The markings shall be rubbed successively with a rag soaked in water for at least 1 min, then with another rag soaked in isopropanol for another minimum of 1 min.

The test is considered as passed if the markings remain legible and the letters do not smear.

The surface of the *phase comparator* may change. No signs of loosening shall be present for labels.

Marking produced by an engraving or moulding process shall be deemed to comply without test.

5.5 Test for reasonably foreseeable misuse during live working

5.5.1 Voltage selection (where relevant)

The voltage selector of the *phase comparator* shall be switched at the lowest position. The test for *clear indication* shall be performed at the highest *nominal voltage* of the voltage ranges.

The test shall be considered as passed if the device gives no incorrect indication, and no phenomenon occurs which could cause a danger to the user.

5.5.2 Frequency selection (where relevant)

The frequency selector of the *phase comparator* shall be switched at 50 Hz position. The test for *clear indication* shall be performed at 60 Hz.

The test shall be considered as passed if the device gives no indication, and no phenomenon occurs which could cause a danger to the user.

5.5.3 Channel selection for wireless connection (where relevant)

The channel selector of one unit of the wireless *phase comparator* shall be put at a certain position (a certain frequency) and the channel selector of the other units shall be put at the closest adjacent frequency. The test for *clear indication* shall be performed at the highest voltage of the voltage ranges.

The test shall be considered as passed if the device gives no indication.

6 Conformity assessment of phase comparators having completed the production phase

For conducting the conformity assessment during the production phase, IEC 61318 shall be used in conjunction with the present standard.

Annex D, developed from a risk analysis on the performance of the *phase comparator*, provides the classification of defects and identifies the associated tests applicable in the case of production follow-up.

7 Modifications

Any modification of the *phase comparator* shall require:

- a repeat of the type tests, in whole or in part (if the degree of modification so justifies);
- an update of the *phase comparator* reference literature.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61481-1:2014

Annex A (normative)

Instructions for use

Instructions for use that contain all the information necessary for the use and care of the *phase comparator* shall be supplied with every *phase comparator*.

These include, where applicable, the following as a minimum:

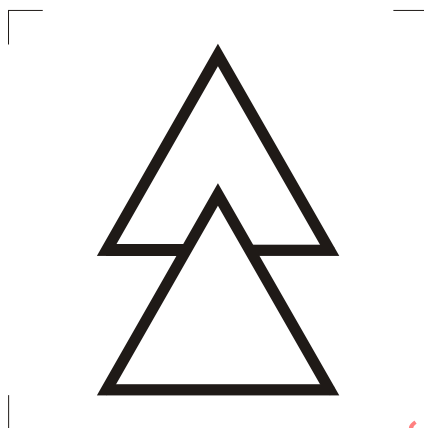
- information that the *phase comparators* are designed to be used by trained or skilled persons and in accordance with the hot stick working method;
- statement that a *phase comparator* as covered by this standard is to be used on parts at the same voltage and the same frequency;
- statement that a *phase comparator* as covered by this standard is not to be used as a voltage detector;
- explanation of the marking;
- instructions for proper usage;
- for *phase comparators* with any selector, explanation of correct selection, possible misuse and its consequences;
- statement and explanation of the maximum time rating;
- explanation of the assembly of the *phase comparator* (if relevant);
- explanation of the *limit mark* and the *hand guard*;
- significance of the indication signals;
- explanation of the proper use of the *testing element* and statement of any limitations (for example, when the *testing element* is not testing all circuits);
- for a wireless *phase comparator*, statement of the maximum distance range in free space between the various units as well as the conditions (buildings, weather conditions, etc.) in which this range may be reduced;
- explanation of the marking “LU” and its purpose concerning the proper use;
- explanation concerning the possible use of *accessories* especially the use of a *contact electrode extension*;
- identification of *accessories* and combination of *accessories* that have been submitted with the *phase comparator* to the type test;
- explanation concerning the possible effect of *accessories* on the performances of the *phase comparator* especially the use of different *contact electrodes* and *contact electrode extensions*;
- statement concerning the possible use on factory-assembled switchgear;
- explanation concerning the limits within which the voltage of the parts of the installation to be compared may vary giving at the same time a *clear indication*;
- statement concerning possible effects of *interference field*;
- statement concerning the duration that the *phase comparator* may be in contact with installations while exposed to precipitation;
- in the case of a *phase comparator* as a separate device, a statement that the choice of an *insulating stick* may greatly influence the grip force and deflection;
- instructions for storage and care;
- instructions for periodic *maintenance tests*;
- instructions for transport;

- statement concerning which parts of the *phase comparator* can be replaced by the user and what parameters shall be maintained in doing so;
- statement concerning the type, the minimum length of the *insulating element* and the dielectric properties of the *insulating stick* that has to be used in conjunction with the *phase comparator* as a separate device;
- statement regarding the d.c. indication.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61481-1:2014

Annex B
(normative)

Suitable for live working; double triangle
(IEC 60417-5216 (2002-10))



IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61481-1:2014

Annex C (normative)

Chronology of type tests

Table C.1 – Sequential order for performing type tests^a

Sequential order	Type tests	Subclauses	Requirements
1	Visual and dimensional inspection	5.4.1	4.1, 4.2.1.1, 4.4.2, 4.4.3, 4.5, 4.6
2	Vibration resistance	5.4.3.1	4.4.5
2	Drop resistance	5.4.4.1	4.4.6
2	Shock resistance	5.4.5.1	4.4.7
3	<i>Clear indication</i>	5.2.2	4.2.1
4	Climatic resistance	5.4.6.1	4.2.4
4	Frequency dependence		
	– Tolerance of nominal frequency	5.2.7.1.1	4.2.5.2
	– Frequency shift	5.2.7.2.1	4.2.5.3
4	Power source dependability (or out of sequence)	5.2.9.1	4.2.7
5	<i>Protection against bridging for indoor/outdoor type phase comparator</i>	5.3.2	4.3.2, 4.3.5
5	<i>Protection against bridging for outdoor type phase comparator</i>	5.3.3	4.3.2, 4.3.5
6	Spark resistance	5.3.4.2	4.3.3
7	Distance range for wireless connection	5.2.3	4.2.2
8	Time rating		
	– single-pole phase comparator	5.2.11.1	4.2.9
	– two-pole wireless phase comparator	5.2.12.1	
9	Check of <i>testing element</i>	5.2.10.1	4.2.8
9	Influence of electric <i>interference fields</i>	5.2.5	4.2.1.3
10	Leakage current under dry conditions for a <i>phase comparator</i> as a complete device	5.3.5.1.2	4.3.4.2
11	Leakage current under wet conditions for an <i>outdoor type phase comparator</i> as a complete device	5.3.5.1.3	4.3.4.2
12	Channel selection in the case of misuse of <i>phase comparator</i> with wireless connection	5.5.3	4.7.3
13	Voltage selection in the case of misuse	5.5.1	4.7.1
13	Frequency selection in the case of misuse	5.5.2	4.7.2

^a Type tests with the same sequential number can be performed in the more convenient order.

Table C.2 – Type tests out of sequence

Type tests	Subclauses	Requirements
Durability of marking	5.4.7	4.5
Grip force and deflection for <i>phase comparator</i> as a complete device	5.4.2	4.4.4
<i>Clear perceptibility</i> of visual indication	5.2.6.1.1 5.2.6.1.2	4.2.3.1
<i>Clear perceptibility</i> of audible indication (if available)	5.2.6.2.1 5.2.6.2.2	4.2.3.2
<i>Response time</i>	5.2.8.1	4.2.6
EMC	5.2.4.1	4.2.1.6
Insulating materials (for tubes and rods used for <i>phase comparator</i> as a complete device)	5.3.1.1	4.3.1

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61481-1:2014

Annex D (normative)

Classification of defects and tests to be allocated

Annex D was developed to address the type of defects of a manufactured *phase comparator* (critical, major or minor) in a consistent manner (see IEC 61318). For each requirement identified in Table D.1, both the type of defect and the associated test are specified. Annex F defines the rationale for the classification of defects.

Table D.1 – Classification of defects and associated requirements and tests

Requirements		Type of defects			Test
		Critical	Major	Minor	
4.4.3	Minimum length of the <i>insulating element</i> for a <i>phase comparator</i> as a complete device	X			5.4.1.2
4.5	Correctness of the marking of the <i>phase comparator</i>	X			5.4.1.1
4.3.4.2	Leakage current along the <i>insulating element</i> of a <i>phase comparator</i> as a complete device	X			5.3.5.2
4.2.1	<i>Clear indication</i> of the status of the phase relationship	X			5.2.2
4.2.1.3	Effect of <i>interference fields</i> (continuous indication)	X			^b
4.3.2	<i>Protection against bridging</i> for indoor/outdoor type <i>phase comparator</i>	X			5.3.2
	<i>Protection against bridging</i> for outdoor type <i>phase comparator</i>	X			5.3.3 ^a
4.3.3	Spark resistance		X		5.3.4.3
4.2.6	<i>Response time</i> only for <i>phase comparators</i> with one <i>active signal</i> "incorrect phase relationship" or "correct phase relationship" and with a <i>response time</i> below or equal to 1 s	X			5.2.8.2
	<i>Response time</i> only for <i>phase comparators</i> with one <i>active signal</i> "incorrect phase relationship" or "correct phase relationship" and with a declared <i>response time</i> above 1 s or with two <i>active signals</i>			X	
4.2.5.2	Frequency dependence	X			5.2.7.1.2
4.2.5.3	– Tolerance of nominal frequency – Frequency shift				5.2.7.2.2
4.2.4	Temperature and humidity dependence of the indication	X			5.4.6.2
4.2.3	<i>Clear perceptibility</i> : only visual		X		5.2.6.1.3
	<i>Clear perceptibility</i> : visual and audible			X	5.2.6.2.3
4.4.5	Vibration resistance	X			5.4.3.2
4.4.6	Drop resistance	X			5.4.4.2
4.4.7	Shock resistance	X			5.4.5.2
4.2.2	Distance range		X		5.2.3
4.2.8	Functioning of the <i>testing element</i>		X		5.2.10.2
4.2.7	Power source dependability	X			5.2.9.2
4.2.1.6	EMC emission EMC immunity	X		X	5.2.4.2

Requirements		Type of defects			Test
		Critical	Major	Minor	
4.2.9	Time rating for single pole <i>phase comparator</i>		X		5.2.11.2
	Time rating for two- pole wireless <i>phase comparator</i>		X		5.2.12.2
4.5	Marking: availability and durability		X		5.4.1.1 5.4.7
4.4.4	Grip force and deflection			X	5.4.2
4.6	Instructions for use (availability)		X		5.4.1.1
4.3.1	Insulating material for tubes and rods of <i>phase comparator</i> as complete device	X			5.3.1.2
4.3.5	<i>Indicator</i> casing (dielectric property)	X			5.3.2 5.3.3 ^a
^a For <i>outdoor type phase comparators</i> the tests are performed in dry conditions only. ^b At the production level there is no need to perform a test associated with this requirement. The confirmation of the <i>clear indication</i> according to 5.2.2 confirms the correctness of the performance of the device to give a correct indication under the <i>interference field</i> .					

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61481-1:2014

Annex E (informative)

Information and guidelines on the use of the limit mark and of a contact electrode extension

E.1 General

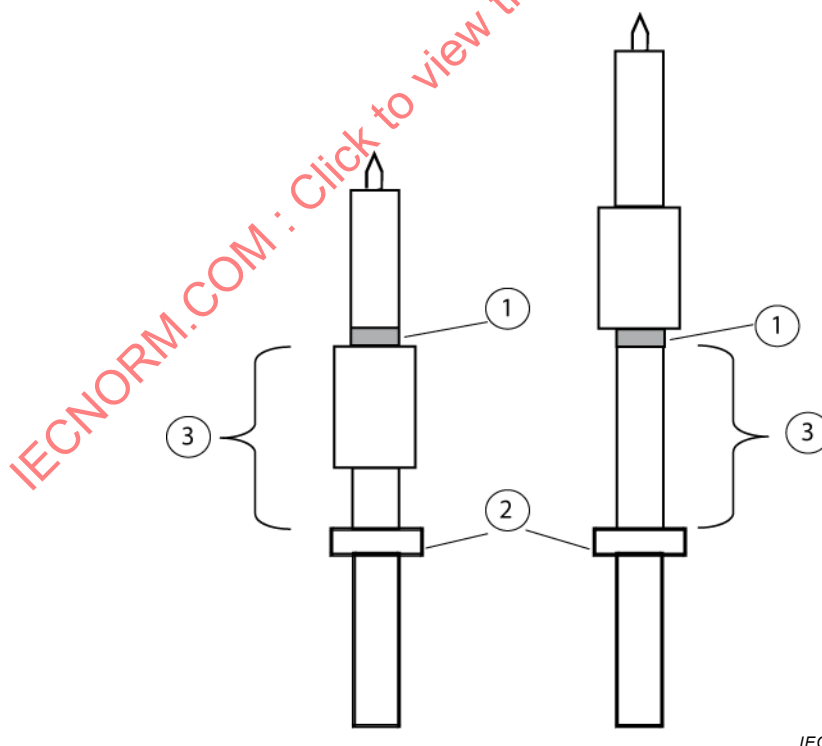
Annex E aims at providing additional information on the purpose and use of the *limit mark*, which is a mandatory part of a *phase comparator* as a complete device and of the *contact electrode extension* which is an *accessory* to a *phase comparator*.

E.2 Situation when using a phase comparator as a complete device

As defined in Clause 3 of this standard, the *limit mark* is a distinctive location or mark to indicate to the user the physical limit to which the *phase comparator* may be inserted between live parts or may touch them.

The worker handling a *phase comparator* as a complete device is provided with an adequate insulation by the *insulating element* which is defined by the distance between the *limit mark* and the *hand guard* (see Figure E.1).

This standard specifies a minimum length of the *insulating element* of a *phase comparator* as a complete device (Table 2). A user may specify for a longer length.



IEC

Key

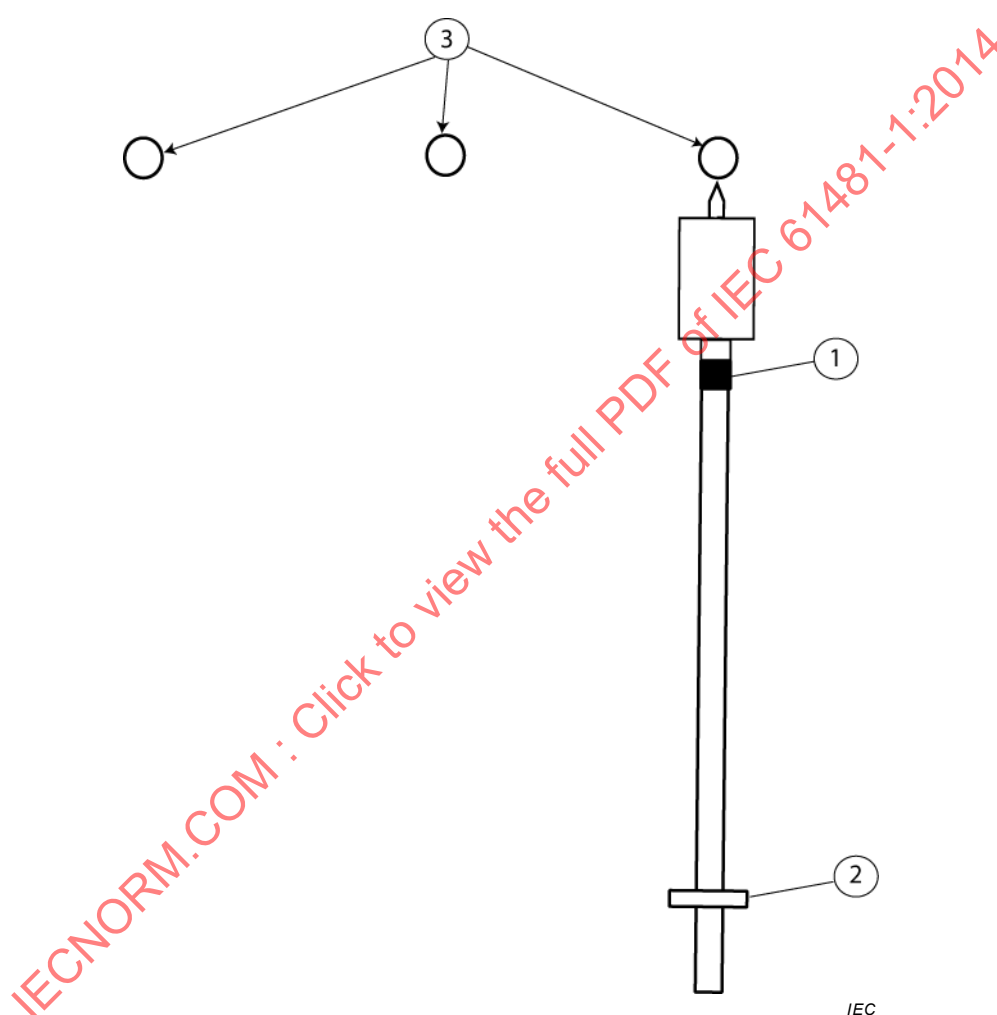
- 1 *limit mark*
- 2 *hand guard*
- 3 *insulating element*

Figure E.1 – Insulating element of a pole of
a phase comparator as a complete device

When handling a *phase comparator* near live parts of an electrical installation, the worker should always make sure that the device will approach the live parts in a way so as to not shorten in any unsafe manner the insulation distance between the *limit mark* and the *hand guard*.

The *limit mark* is a physical way to indicate to the worker the limit of insertion of the device between live parts. Any live part contacting the *phase comparator* in any location between the *limit mark* and the *hand guard* will shorten the insulation distance.

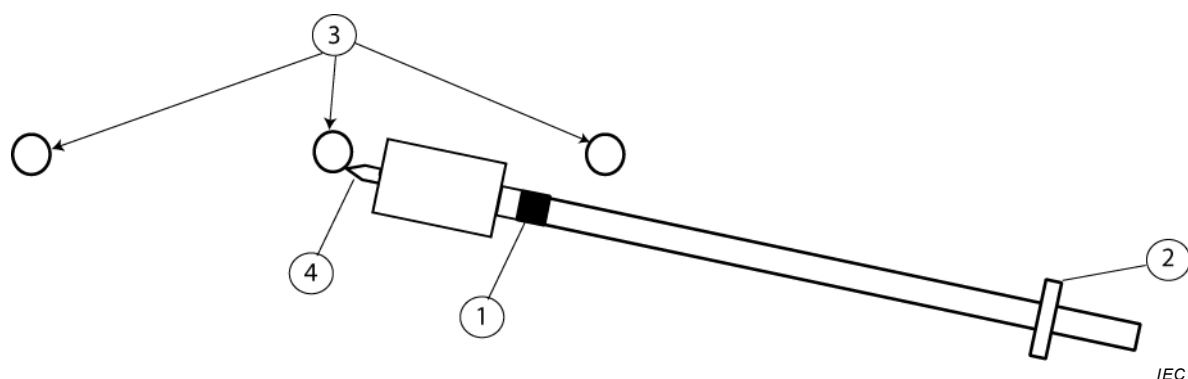
When the worker positions the *phase comparator* right under a live part, with no obstacles in between (see Figure E.2), the *limit mark* has no significant use.

**Key**

- 1 *limit mark*
- 2 *hand guard*
- 3 *live parts*

Figure E.2 – Example of positioning of a pole of a phase comparator in contact with a live part without obstacles from other live parts

However, in some installation configurations, the worker may have to approach a live part by positioning the *phase comparator* close to another live part, under or over it. In such a situation, to have the *limit mark* going between the live parts would reduce the insulation distance (see Figure E.3). This has to be avoided.



Key

- 1 *limit mark*
- 2 *hand guard*
- 3 *live parts*
- 4 *contact electrode*

Figure E.3 – Example of incorrect positioning of a pole of a phase comparator with the limit mark between two live parts

To avoid such situation, the distance between the *contact electrode* and the *limit mark* of the *phase comparator* has to be extended in such a way that it exceeds the usual distances between live parts for a given operating voltage.

Two usual ways for achieving that are,

- the use of a suitable length of *permanent contact electrode extension* by a proper design of the device, or
- the use of a *contact electrode extension* as an *accessory* to the *phase comparator*.

Both ways are illustrated in Figure E.4.

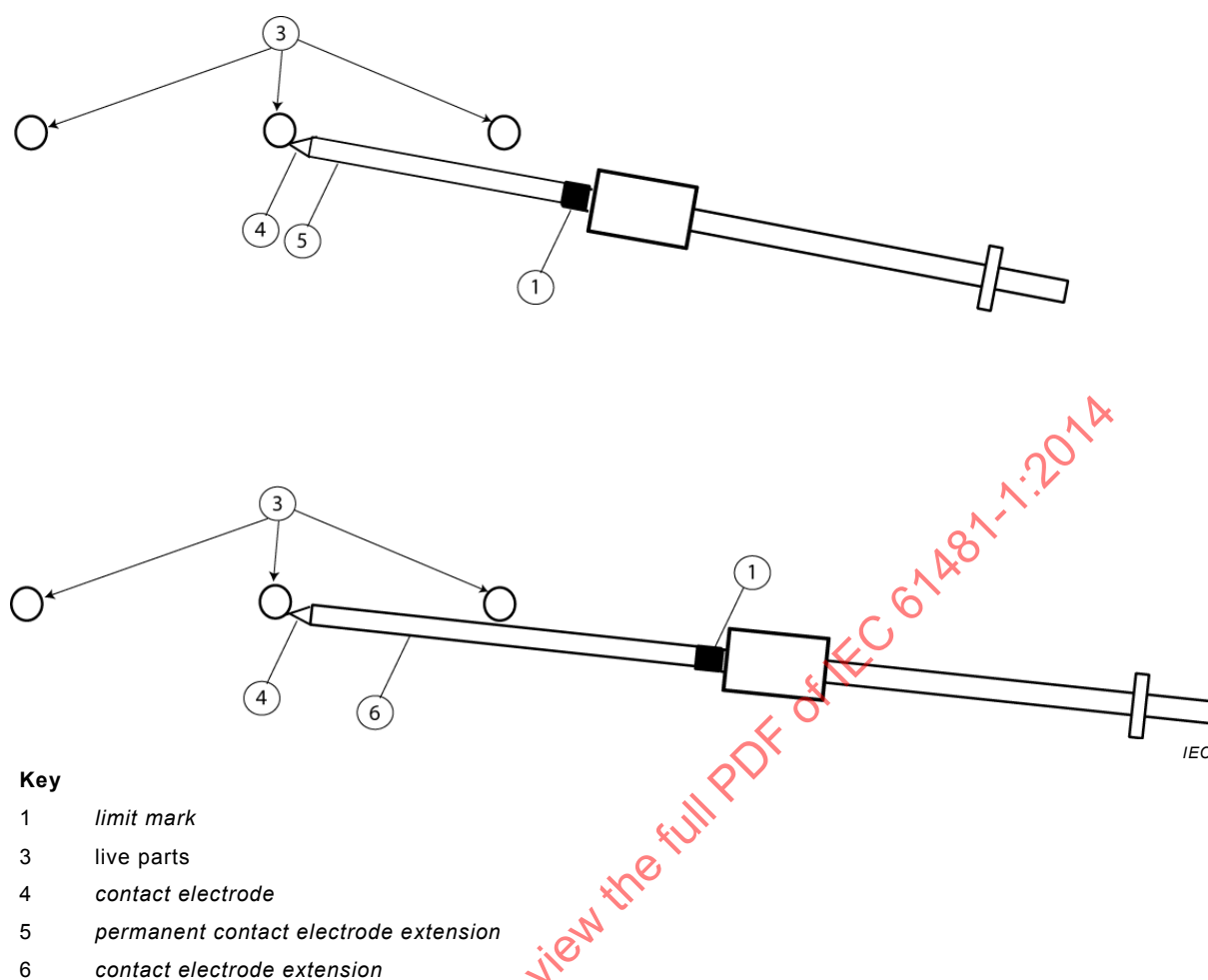


Figure E.4 – Usual ways of managing the design or the use of the phase comparator for maintaining the insulation distance between the limit mark and the hand guard

For the design of a proper length of *insulating element*, Table E.1 provides recommended minimum distances from the *limit mark* to the *contact electrode* identified as the *insertion depth* (A_i) for different values of *nominal voltages*.

Table E.1 – Recommended minimum lengths from the limit mark to the contact electrode (A_i)

U_n kV	A_i mm
$1 < U_n \leq 12$	300
$12 < U_n \leq 24$	450
$24 < U_n \leq 36$	600
$36 < U_n \leq 72,5$	1 200
NOTE The values are selected in consideration of the extension that is necessary for the usual construction type of three-phase systems. In certain circumstances, larger lengths may be required and agreed between manufacturer and customer.	

E.3 Situation when using a phase comparator as a separate device

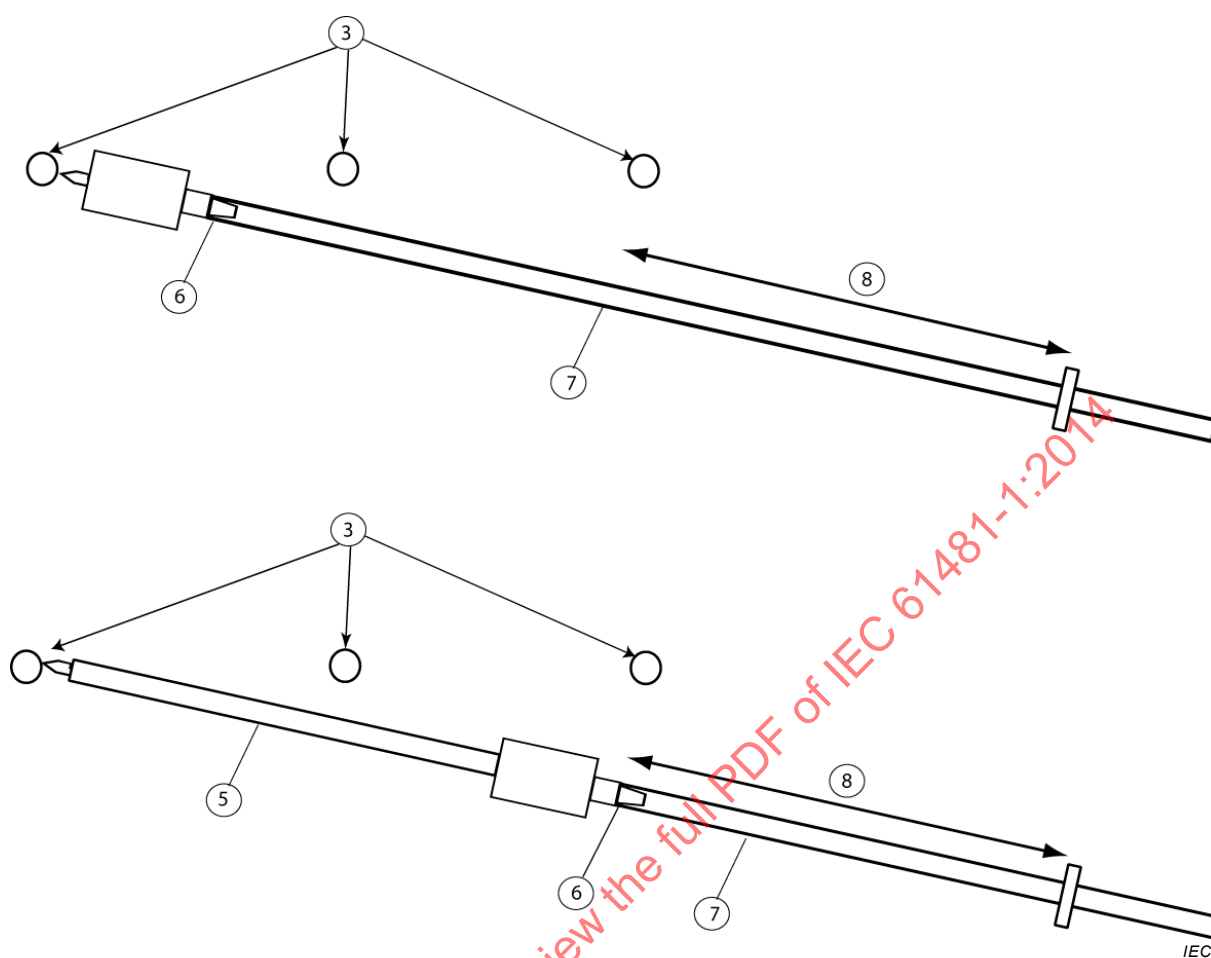
A pole of a *phase comparator* as a separate device is equipped with an *adaptor* to permit its attachment to an *insulating stick*. The *insulating stick* is a separate tool, and its general performance, as well as its length, is the responsibility of the user.

In a certain way, the *adaptor* of a *phase comparator* as a separate device may be associated to the *limit mark* of a *phase comparator* as a complete device in the sense that the insulation of the worker will be provided by the *insulating element* of the *insulating stick* that is identified as the distance between the *adaptor* and the *hand guard* of the *insulating stick*.

However, while the *insulating element* of a *phase comparator* as a complete device is of a determined length corresponding to the design of the manufacturer, the length of the *insulating stick* and the determination of the distance between the *adaptor* and the *hand guard* of the stick are the responsibility of the users and may be influenced by the working procedures.

When managing the positioning of the *phase comparator* between live parts, the user has two possible ways to achieve that:

- the use of a *contact electrode extension* as an *accessory* to the *phase comparator*,
- the use of an *insulating stick* of a length longer than the minimum length of insulation towards the *hand guard* that will allow the *adaptor* of the *insulating stick* to be between live parts (see Figure E.5).

**Key**

- 3 live parts
- 5 *contact electrode extension*
- 6 *adaptor*
- 7 *insulating stick of the appropriate length*
- 8 minimum length of insulation (under the responsibility of the users and influenced by the working procedures)

Figure E.5 – Usual ways of managing the use of the phase comparator as a separate device for assuring the appropriate insulation for the worker

Annex F (informative)

Rationale for the classification of defects

Annex F provides the rationale for the classification of defects specified in Annex D. For a brand new *phase comparator*, Table F.1 presents the justification for the type of defect associated with a lack of compliance with each of the requirements included in the standard.

This analysis takes into consideration that *phase comparators* are used by persons trained for the work, in accordance with the hot stick working method and the instructions for use.

Table F.1 – Rationale for the classification of defects

Requirement	Justification for the associated defect specified in Annex D
Critical defects	
Minimum length of the <i>insulating element (phase comparator as a complete device)</i>	A shorter length of the <i>insulating element</i> can result in an unacceptable value of leakage current and/or can lead to a breakdown during use.
Leakage current (<i>phase comparator as a complete device</i>)	The <i>insulating element</i> of a <i>phase comparator</i> as a complete device is the protection of the worker during each use of the device. On a brand new device a value of leakage current above the limit is a hazard for the initial worker.
<i>Clear indication</i> of the status of the phase relationship	If the <i>phase comparator</i> gives a false indication (for example "Correct" instead of "Incorrect") it can lead to a hazardous situation.
Effect of <i>interference fields</i> (continuous indication)	If the <i>phase comparator</i> gives a false indication (for example "Correct" instead of "Incorrect") it can lead to a hazardous situation.
Electromagnetic – Immunity	If the <i>phase comparator</i> does not fulfil the immunity requirements, it can give wrong indications.
Temperature and humidity dependence of the indication	If the <i>phase comparator</i> does not work properly in its temperature range, it could give a false indication and lead to a hazardous situation for the worker.
Frequency dependence – Tolerance of nominal frequency – Frequency shift (single-pole <i>phase comparator</i>)	If the <i>phase comparator</i> does not work properly in its frequency range, it can give a false indication and lead to a hazardous situation for the worker.
<i>Response time</i> only for <i>phase comparators</i> with one active signal "incorrect phase relationship" or "correct phase relationship" and with a <i>response time</i> below or equal to 1 s	If for any reasons the <i>response time</i> becomes longer than 1 s, the worker could conclude a non answer as an indication. This could lead to a hazardous situation for the worker.
Power source dependability	The purpose of this requirement is to ensure that the <i>phase comparator</i> will indicate properly until the built-in power source is exhausted. If not it could give incorrect indication and lead to a hazardous situation.
Insulating material for tubes and rods of <i>phase comparator</i> as complete device	The good dielectric performance of the insulating material for tubes and rods used for complete devices guarantees the protection of the worker during each use of the device.
<i>Protection against bridging</i>	This would be hazardous for the user to have the <i>phase comparator</i> initiate a fault between two parts at different potential. Of course the users would not be in the direct circuit of the arc but may be close enough to suffer from the arc by-products.
<i>Indicator</i> casing	If the material and dimensioning of the <i>indicator</i> casing are not adequately rated with respect to voltage and power, it can lead to hazardous situation.
Marking – correctness	An incorrect marking, for example a wrong <i>nominal voltage</i> or a wrong operational class, could result in a hazardous situation.

Requirement	Justification for the associated defect specified in Annex D
Critical defects (cont.)	
Vibration resistance	If a brand new device does not have a good mechanical performance to drop, shock and vibration, it can lead to internal defect which can cause hazardous situations.
Drop resistance	
Shock resistance	
Major defects	
<i>Clear perceptibility</i> : only visual	If the worker cannot see the visual indication, the worker cannot conclude.
<i>Testing element</i> (non-functioning)	If the <i>testing element</i> does not function, the worker will become aware of that during the test. This results in a non-availability of the <i>phase comparator</i> .
Instructions for use	A <i>phase comparator</i> without its instructions for use is an incomplete product and should not be used.
Time rating	If a <i>phase comparator</i> does not respect the time rating, it means that an internal fault has occurred. The device does not work properly any more. That reduces significantly the functionality of the product.
Protection against sparking	If a <i>phase comparator</i> does not respect this requirement, some elements could be destroyed. The device does not work anymore. That reduces significantly the functionality of the product.
Distance range	A wireless <i>phase comparator</i> that cannot communicate properly within its specified distance range is not functional.
Marking: availability and durability	If the marking is not available or is impaired the worker will not use the <i>phase comparator</i> .
Minor defects	
Electromagnetic – emission	If the <i>phase comparator</i> does not fulfil the emission requirements, it will (perhaps) affect other devices in the vicinity but it will not affect the <i>phase comparator</i> .
<i>Clear perceptibility</i> : visual and audible	We can consider that there is always one <i>active signal</i> operational and the operator can conclude. It does not affect significantly the functionality of the device.
<i>Response time</i> only for <i>phase comparators</i> with one <i>active signal</i> : “incorrect phase relationship” or “correct phase relationship” and with a declared <i>response time</i> above 1 s or with two <i>active signals</i>	For these types of <i>phase comparator</i> , a “non response” can never be considered as an indication. The worker will conclude something only when the device gives an indication, even if he has to wait more than 1 s. There is no misunderstanding.
Grip force and deflection	Even if the grip force and the deflection do not fulfil the requirements, it does not reduce significantly the functionality of the product.

Annex G (informative)

In-service care

Maintenance tests should be carried out periodically on *phase comparators* to ascertain and, if necessary, make certain adjustments to ensure that their performance remains within specified limits.

It is the responsibility of the user to elaborate the maintenance schedule, based on national regulations, on manufacturer's instructions and on the conditions of use (storage, regular care, etc.). However, no *phase comparator*, even those held in storage, should be used unless re-tested, within a maximum period of six years.

It is recommended that the periodic maintenance be done by a competent test facility.

At any time, a visual inspection of the *phase comparator* should be made before use. If there is a doubt that the device is not in good condition, it should be excluded from further use, then returned to the manufacturer for repair or rejection.

Table G.1 lists the tests that verify the physical integrity, the functioning of the *phase comparator* and its insulation performance. It also recommends a chronological order for performing the tests. The *insulating stick* to be used with *phase comparators* as a separate device should be covered by an IEC, regional, national or local/company standard.

Table G.1 – In-service testing

Chronological order	Designations	Subclauses
1	Visual and dimensional inspection	5.4.1
2	Check of <i>testing element</i> ^a	5.2.10.2
3	Leakage current under dry conditions ^b	5.3.5.2
4	<i>Protection against bridging for indoor/outdoor type phase comparator</i> ^c	5.3.2
5	Spark resistance ^d	5.3.4
6	<i>Clear indication</i>	5.2.2
7	<i>Clear perceptibility</i> of visual indication ^e	5.2.6.1
7	<i>Clear perceptibility</i> of audible indication ^e	5.2.6.2
a The check of the electrical circuits, to verify that all circuits are tested, is not necessary. b When the test is performed as a periodic testing, the admissible leakage current may be higher than that specified in 5.3.5 but it should not exceed 200 μA. c Under dry conditions only. d For practical purposes this test may be combined with the test for <i>protection against bridging</i> (number 5 of the chronological list). The test duration for spark resistance is at least 5 s. e A comparison may be made with a reference <i>phase comparator</i> of the same design. Tests for <i>clear perceptibility</i> may also be combined with other previous tests of the list.		

According to the design of the *phase comparator* and its fabrication process, the manufacturer may specify additional tests related to particular components or characteristics. These specific tests should be noted in the instructions for use.

Bibliography

IEC 60050 (all parts), *International Electrotechnical Vocabulary* (available at <http://www.electropedia.org>)

IEC 60050-651:2014, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 651: Live working*

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

IEC 60743:2013, *Live working – Terminology for tools, equipment and devices*

IEC 60855-1:2009, *Live working – Insulating foam-filled tubes and solid rods – Part 1: Tubes and rods of a circular cross-section*

IEC 61235:1993, *Live working – Insulating hollow tubes for electrical purposes*

IEC 61936-1:2010, *Power installations exceeding 1 kV a.c. – Part 1: Common rules*

ISO/IEC 17025, *General requirements for the competence of testing and calibration laboratories*

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61481-1:2014

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	86
INTRODUCTION	89
1 Domaine d'application	90
2 Références normatives	90
3 Termes et définitions	92
4 Exigences	96
4.1 Indication	96
4.2 Exigences fonctionnelles	96
4.2.1 Indication indiscutable	96
4.2.2 Portée de communication	97
4.2.3 Perceptibilité indiscutable	98
4.2.4 Influence de la température et de l'humidité sur l'indication	98
4.2.5 Influence de la fréquence	98
4.2.6 Temps de réponse	99
4.2.7 Sécurité sur l'état de fonctionnement de l'alimentation	99
4.2.8 Dispositif de contrôle	99
4.2.9 Temps de fonctionnement	99
4.3 Exigences électriques	99
4.3.1 Matériau isolant	99
4.3.2 Protection contre le contournement	100
4.3.3 Résistance à l'amorçage	100
4.3.4 Élément isolant d'un comparateur de phase en dispositif complet	100
4.3.5 Boîtier de l'indicateur	100
4.4 Exigences mécaniques	100
4.4.1 Généralités	100
4.4.2 Conception	100
4.4.3 Dimensions, construction	102
4.4.4 Force de préhension et flèche	103
4.4.5 Résistance aux vibrations	103
4.4.6 Résistance aux chutes	104
4.4.7 Résistance aux chocs	104
4.5 Marquage	104
4.6 Instructions d'emploi	104
4.7 Exigences en cas de mauvais usage raisonnablement prévisible pendant les travaux sous tension	105
4.7.1 Sélection de la tension	105
4.7.2 Sélection de la fréquence	105
4.7.3 Sélection du canal en cas de liaison sans fil	105
5 Essais	105
5.1 Généralités	105
5.1.1 Dispositions d'essai	105
5.1.2 Conditions atmosphériques	105
5.1.3 Essais sous pluie	105
5.1.4 Essai de type	106
5.1.5 Méthodes d'essai	107
5.2 Essais de fonctionnement	107

5.2.1	Description des montages d'essai et critères généraux de réussite.....	107
5.2.2	Indication indiscutable	113
5.2.3	Portée de communication dans le cas de comparateurs de phase bipolaires avec liaison sans fil	115
5.2.4	Compatibilité électromagnétique (CEM)	115
5.2.5	Influence des champs électriques perturbateurs	116
5.2.6	Perceptibilité indiscutable	118
5.2.7	Influence de la fréquence	126
5.2.8	Temps de réponse	127
5.2.9	Sûreté de fonctionnement de l'alimentation.....	128
5.2.10	Vérification du dispositif de contrôle	128
5.2.11	Temps de fonctionnement du comparateur de phase unipolaire	128
5.2.12	Temps de fonctionnement du comparateur de phase bipolaire avec liaison sans fil.....	129
5.3	Essais diélectriques	129
5.3.1	Matériaux isolants des tubes et des tiges	129
5.3.2	Protection contre le contournement pour un comparateur de phase de type intérieur/extérieur.....	130
5.3.3	Protection contre le contournement pour un comparateur de phase de type extérieur	134
5.3.4	Résistance à l'amorçage.....	135
5.3.5	Courant de fuite dans le cas d'un comparateur de phase en dispositif complet.....	137
5.4	Essais mécaniques	140
5.4.1	Contrôle visuel et dimensionnel.....	140
5.4.2	Force de préhension et flèche dans le cas d'un comparateur de phase en dispositif complet.....	140
5.4.3	Résistance aux vibrations.....	141
5.4.4	Résistance aux chutes.....	141
5.4.5	Résistance aux chocs.....	142
5.4.6	Résistance climatique.....	143
5.4.7	Durabilité des marquages	144
5.5	Essai pour un mauvais usage raisonnablement prévisible pendant les travaux sous tension	144
5.5.1	Sélection de la tension (le cas échéant).....	144
5.5.2	Sélection de la fréquence (le cas échéant)	145
5.5.3	Sélection du canal en cas de liaison sans fil (le cas échéant)	145
6	Evaluation de la conformité des comparateurs de phase issus de la production.....	145
7	Modifications	145
	Annexe A (normative) Instructions d'emploi	146
	Annexe B (normative) Approprié aux travaux sous tension; double triangle (IEC-60417-5216 (2002-10))	148
	Annexe C (normative) Ordre chronologique des essais de type.....	149
	Annexe D (normative) Classification des défauts et essais associés	151
	Annexe E (informative) Information et guide concernant l'utilisation de la marque limite et d'une allonge d'électrode de contact.....	153
E.1	Généralités	153
E.2	Situation lors de l'utilisation d'un comparateur de phase en dispositif complet.....	153
E.3	Situation lors de l'utilisation d'un comparateur de phase en dispositif séparé.....	157

Annexe F (informative) Justifications de la classification des défauts	159
Annexe G (informative) Précautions d'emploi.....	161
Bibliographie.....	163
Figure 1 – Illustration de différents éléments et de différents principes de fonctionnement des comparateurs de phase	101
Figure 2 – Emplacement des parties conductrices permises à l'intérieur de la longueur minimale de l'élément isolant d'une perche de comparaison d'un comparateur de phase en dispositif complet.....	103
Figure 3 – Montage d'essai pour l'indication indiscutable avec l'électrode boule devant son électrode en anneau.....	109
Figure 4 – Montage d'essai pour l'indication indiscutable avec l'électrode boule derrière son électrode en anneau	110
Figure 5 – Positionnement d'une perche de comparaison d'un comparateur de phase relativement à un assemblage boule-anneau	112
Figure 6 – Exemples de moyens adéquats pour assurer un bon contact entre une électrode de contact et l'électrode boule	112
Figure 7 – Montage d'essai de la perceptibilité indiscutable de l'indication visuelle	119
Figure 8 – Montage d'essai de la perceptibilité indiscutable de l'indication visuelle dans le cas d'un module indicateur	121
Figure 9 – Montage d'essai de la perceptibilité indiscutable de l'indication sonore	123
Figure 10 – Montage d'essai pour la mesure de la perceptibilité indiscutable de l'indication sonore pour les modules indicateur	125
Figure 11 – Assemblages d'essai et dimensions des barres pour la protection contre le contournement	131
Figure 12 – Raccordement électrique des barres	132
Figure 13 – Essai de contrainte longitudinale.....	133
Figure 14 – Essai de contraintes longitudinale et transversale	133
Figure 15 – Assemblage d'essai pour l'essai de protection contre le contournement d'un comparateur de phase de type extérieur.....	135
Figure 16 – Assemblage pour l'essai de courant de fuite sous conditions sèches du comparateur de phase en dispositif complet	138
Figure 17 – Assemblage pour les essais de courant de fuite sous conditions humides du comparateur de phase en dispositif complet.....	139
Figure 18 – Essai pour la force de préhension	140
Figure 19 – Essai de résistance aux chutes – Position diagonale.....	142
Figure 20 – Courbe du cycle d'essai pour la résistance climatique	143
Figure E.1 – Élément isolant d'une perche de comparaison d'un comparateur de phase en dispositif complet	153
Figure E.2 – Exemple du positionnement d'une perche de comparaison d'un comparateur de phase en contact avec une pièce sous tension sans obstacles formés par d'autres pièces sous tension.....	154
Figure E.3 – Exemple du positionnement incorrect d'une perche de comparaison d'un comparateur de phase avec la marque limite entre deux pièces sous tension	155
Figure E.4 – Façons habituelles de tirer parti de la conception ou de l'utilisation du comparateur de phase pour maintenir la distance d'isolation entre la marque limite et le garde-main.....	156
Figure E.5 – Façons habituelles d'utiliser un comparateur de phase en dispositif séparé de façon à assurer l'isolation adéquate du travailleur	158

Tableau 1 – Plages de conditions climatiques	98
Tableau 2 – Longueur minimale de l'élément isolant (L_i) d'un comparateur de phase en dispositif complet	102
Tableau 3 – Dimensions du montage d'essai boule-anneau	111
Tableau 4 – Séries d'essai et conditions pour une indication indiscutable	114
Tableau 5 – Séries d'essais et conditions pour l'influence des champs électriques perturbateurs	117
Tableau 6 – Montage d'essai et type d'essai	130
Tableau 7 – Distance d_1 pour le montage d'essai de contournement	132
Tableau 8 – Dimensions des anneaux concentriques et des électrodes-rubans	134
Tableau C.1 – Ordre séquentiel pour effectuer les essais de type ^a	149
Tableau C.2 – Essais de type hors séquence	150
Tableau D.1 – Classification des défauts et exigences et essais associés	151
Tableau E.1 – Longueurs minimales recommandées de la marque limite à l'électrode de contact (A_i)	156
Tableau F.1 – Justification pour la classification des défauts	159
Tableau G.1 – Essai en service	161

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61481-1:2014

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

TRAVAUX SOUS TENSION – COMPARATEURS DE PHASE –

Partie 1: Type capacitif pour usage sur des tensions alternatives de plus de 1 kV

AVANT-PROPOS

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

La Norme internationale IEC 61481-1 a été établie par le comité d'études 78 de l'IEC: Travaux sous tension.

Cette première édition, avec la première édition de l'IEC 61481-2, annule et remplace la première édition de l'IEC 61481 parue en 2001, l'Amendement 1:2002 et l'Amendement 2:2004. Cette édition constitue une révision technique.

Les modifications majeures sont:

- la division de la norme en deux parties;
- l'extension du domaine d'application permettant de couvrir les comparateurs de phase bipolaires fonctionnant avec une liaison sans fil jusqu'à des tensions alternatives de 245 kV;
- la révision des exigences relatives à l'indication;
- l'introduction d'une exigence relative à un nouveau marquage "LU" pour une utilisation limitée;
- l'ajout d'exigences et d'essais pour les comparateurs de phase bipolaires fonctionnant avec une liaison sans fil;
- la clarification des procédures d'essai pour les électrodes de contact supplémentaires, les accessoires et leur combinaison, ainsi que dans le cas d'une famille de comparateurs de phase;
- l'ajout d'exigences et d'essais relatifs à la compatibilité électromagnétique (CEM);
- la clarification des dispositions d'essais pour les essais de fonctionnement;
- la clarification de la procédure d'essai de perceptibilité indiscutable des indications sonores;
- la préparation des éléments d'évaluation des défauts et application générale de la IEC 61318:2007;
- la révision des annexes existantes;
- le remplacement de l'Annexe C normative existante par deux nouvelles Annexes D et F présentant la classification des défauts (normative) et les justifications ayant conduit à la classification des défauts (informative);
- la suppression de l'Annexe D existante qui n'est plus nécessaire, suite à la spécification de l'IEC 60068-2-75;
- la suppression de l'Annexe F existante qui n'est plus applicable, conformément à l'IEC 61318:2007;
- l'ajout d'une nouvelle Annexe E informative présentant des informations supplémentaires concernant l'utilisation de la marque limite et d'une allonge d'électrode de contact.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
78/1051/FDIS	78/1087/RVD

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

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

Dans cette norme, les termes définis dans l'Article 3 apparaissent en *italiques*.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 61481, publiée sous le titre général *Travaux sous tension – Comparateurs de phase*, figure sur le site web de l'IEC.

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

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

Le contenu du corrigendum de juillet 2015 a été pris en considération dans cet exemplaire.

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61481-1:2014

INTRODUCTION

La présente Norme Internationale a été établie en conformité avec les exigences de l'IEC 61477.

En tenant compte des deux principes de fonctionnement différents des *comparateurs de phase* portatifs de type capacitif disponibles sur le marché, les valeurs maximales des *tensions nominales* alternatives qui doivent être associées à chacun ont été prises en compte afin de définir les limites du domaine d'application de la présente norme.

Le tableau qui suit présente les justifications ayant conduit à l'association d'une *tension nominale* maximale à chaque principe de fonctionnement de *comparateur de phase de type capacitif*.

Principe de fonctionnement	Tension nominale maximale kV efficace	Justification
<i>Comparateurs de phase</i> unipolaires fonctionnant avec un système de mémoire	36	– Selon ce principe de fonctionnement, l'<i>indication indiscutable</i> du <i>comparateur de phase</i> est limitée par la durée de maintien de la mémoire. - A des <i>tensions nominales</i> plus élevées, la distance entre les phases de l'installation augmente et le temps nécessaire pour déplacer la perche de comparaison du <i>comparateur de phase</i> entre les deux parties de l'installation à comparer devient la limite.
<i>Comparateurs de phase</i> bipolaires fonctionnant avec une liaison sans fil	245	– Avec ce principe de fonctionnement, il n'y a pas de limite théorique à la <i>tension nominale</i> maximale. – Le choix de 245 kV correspond à la limite actuelle de validation des montages d'essai électrique.

Pendant certaines ou pendant toutes les étapes de son cycle de vie, le produit couvert par la présente norme peut avoir un impact sur l'environnement. Ces impacts peuvent aller de légers à importants, être à court ou long terme, et se produire à un niveau local, régional ou global.

En ce qui concerne l'amélioration de l'environnement, la présente norme ne contient ni exigences ni dispositions d'essai s'adressant aux fabricants, ni recommandations s'adressant aux utilisateurs du produit. Cependant, tous les intervenants dans sa conception, sa fabrication, son emballage, sa distribution, son utilisation, sa maintenance, sa réparation, sa réutilisation, sa récupération et sa mise au rebut sont invités à prendre en compte les éléments environnementaux.

TRAVAUX SOUS TENSION – COMPARATEURS DE PHASE –

Partie 1: Type capacitif pour usage sur des tensions alternatives de plus de 1 kV

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 61481 est applicable aux *comparateurs de phase* portatifs de type capacitif pour une utilisation sur des installations électriques à des tensions alternatives supérieures à 1 kV et à des fréquences de 50 Hz et/ou 60 Hz.

La présente norme est applicable aux

- *comparateurs de phase* unipolaires de type capacitif fonctionnant avec un système de mémoire, jusqu'à une tension alternative de 36 kV,
- *comparateurs de phase* bipolaires de type capacitif fonctionnant avec une liaison sans fil, jusqu'à une tension alternative de 245 kV.

La présente norme est applicable aux *comparateurs de phase* de type capacitif utilisés au contact avec les parties nues conductrices à comparer.

- en dispositif complet incluant son *élément isolant* ou
- en dispositif séparé adaptable sur une *perche isolante* qui, en tant qu'outil séparé, n'est pas couverte par la présente norme

NOTE Des parties telles que l'*électrode de contact* ou l'*élément isolant* d'un *comparateur de phase en dispositif complet* peuvent être démontées.

Quelques restrictions sur leur utilisation sont applicables en cas d'appareillage de connexion assemblé en usine et sur les réseaux aériens des voies ferrées électrifiées (voir Annexe A).

Un dispositif conçu pour réaliser d'autres fonctions que la comparaison de phase est un dispositif différent et n'est pas couvert par la présente norme. Par exemple, un dispositif conçu pour être aussi utilisé comme détecteur de tension n'est pas couvert par la présente norme (voir Annexe A).

Les produits conçus et fabriqués en conformité avec la présente norme contribuent à la sécurité des utilisateurs, pourvu qu'ils soient utilisés par des personnes formées pour réaliser le travail, conformément à la méthode de travail à distance et en respectant les instructions d'emploi.

Sauf autrement spécifié, toutes les tensions définies dans la présente norme se réfèrent aux valeurs de tensions entre phases des réseaux triphasés. Sur les autres réseaux, il convient que la tension applicable entre phases ou entre phase et terre soit utilisée pour déterminer la tension de service.

2 Références normatives

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

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

IEC 60060-1:2010, *Techniques des essais à haute tension – Partie 1: Définitions et exigences générales*

IEC 60068-1, *Essais d'environnement – Partie 1: Généralités et lignes directrices*

IEC 60068-2-6, *Essais d'environnement – Partie 2-6: Essais – Essai Fc: Vibrations (sinusoïdales)*

IEC 60068-2-14, *Essais d'environnement – Partie 2-14: Essais – Essai N: Variation de température*

IEC 60068-2-31, *Essais d'environnement – Partie 2-31: Essais – Essai Ec: Choc lié à des manutentions brutales, essai destiné en premier lieu aux matériels*

IEC 60068-2-75, *Essais d'environnement – Partie 2-75: Essais – Essai Eh: Essais aux marteaux*

IEC 60304, *Couleurs de référence de l'enveloppe isolante pour câbles et fils pour basses fréquences*

IEC 60417, *Symboles graphiques utilisables sur le matériel* (Disponible à <http://www.graphical-symbols.info/equipment>)

IEC 60942, *Electroacoustique – Calibrateurs acoustiques*

IEC 61000-4-2, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-2: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité aux décharges électrostatiques*

IEC 61000-4-3, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-3: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité aux champs électromagnétiques rayonnés aux fréquences radioélectriques*

IEC 61260, *Electroacoustique – Filtres de bande d'octave et de bande d'une fraction d'octave*

IEC 61318, *Travaux sous tension – Evaluation de la conformité applicable à l'outillage, au matériel et aux dispositifs*

IEC 61326-1, *Matériel électrique de mesure, de commande et de laboratoire – Exigences relatives à la CEM – Partie 1: Exigences générales*

IEC 61477, *Travaux sous tension – Exigences minimales pour l'utilisation des outils, dispositifs et équipements*

IEC 61672-1, *Electroacoustique – Sonomètres – Partie 1: Spécifications*

ISO 354, *Acoustique – Mesurage de l'absorption acoustique en salle réverbérante*

ISO 3744:2010, *Acoustique – Détermination des niveaux de puissance acoustique et des niveaux d'énergie acoustique émis par les sources de bruit à partir de la pression acoustique – Méthodes d'expertise pour des conditions approchant celles du champ libre sur plan réfléchissant*

ISO 3745, *Acoustique – Détermination des niveaux de puissance acoustique et des niveaux d'énergie acoustique émis par les sources de bruit à partir de la pression acoustique – Méthodes de laboratoire pour les salles anéchoïques et les salles semi-anéchoïques*

CIE 15, *Colorimétrie*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'IEC 61318 ainsi que les suivants s'appliquent.

3.1

accessoire

pièce supplémentaire non nécessaire au fonctionnement du *comparateur de phase* et qui est fournie par le fabricant pour faciliter son utilisation sous certaines conditions d'exécution

Note 1 à l'article: Un *accessoire* n'est pas considéré comme étant une partie d'un dispositif. Sans l'*accessoire*, le dispositif demeure fonctionnel. Une pièce qui est requise lors de toute utilisation d'un dispositif n'est pas un *accessoire* mais une partie du dispositif qui peut être démontée.

Note 2 à l'article: Par exemple, un *accessoire* est utilisé pour allonger la poignée, pour améliorer l'efficacité de l'*électrode de contact*, pour permettre à l'*électrode de contact* d'atteindre les parties à comparer, etc.

3.2

signal actif

phénomène visible et optionnellement sonore, dont la présence, l'absence ou les variations sont considérées comme représentant des informations concernant l'état "relation de phase correcte" ou l'état "relation de phase incorrecte"

Note 1 à l'article: Un signal indiquant que le comparateur de phase est prêt à fonctionner n'est pas considéré comme étant un *signal actif*.

[SOURCE: IEC 60050-101:1998, 101-12-02 modifiée – la définition de "signal" a été modifiée pour s'adapter au contexte particulier du diagnostic de relation de phase et la Note 1 à l'article a été ajoutée.]

3.3

embout

partie d'un *comparateur de phase* en dispositif séparé qui permet de fixer une *perche isolante*

3.4

indication indiscutable

détection et indication non ambiguë de l'état "relation de phase incorrecte" et/ou "relation de phase correcte" entre les pièces à comparer

3.5

perceptibilité indiscutable

cas où l'indication est discernable sans erreur par l'utilisateur dans des conditions spécifiques d'environnement quand le *comparateur de phase* est dans sa position de fonctionnement

3.6

électrode de contact

partie conductrice nue du *comparateur de phase* qui établit la connexion électrique avec la pièce à comparer

3.7

allonge de l'électrode de contact

élément conducteur isolé extérieurement permettant à l'*électrode de contact* d'atteindre les pièces de l'installation à comparer

Note 1 à l'article: Pour une configuration d'installation donnée, l'*allonge de l'électrode de contact* sert à augmenter la *profondeur d'insertion* (voir Figure 1d).

Note 2 à l'article: L'*allonge de l'électrode de contact* est un *accessoire* d'un *comparateur de phase*.

3.8

embout de perche

partie d'une *perche isolante* fixée de manière permanente à l'extrémité d'un tube isolant ou d'une tige isolante

SOURCE: IEC 60050-651:2014, 651-22-02]

3.9

famille de comparateurs de phase

à des fins d'essai, groupe de *comparateurs de phase*, délimité par des *tensions assignées* minimale et maximale et/ou par les deux fréquences (50 Hz et 60 Hz), qui sont identiques en matière de conception (y compris les dimensions) et qui diffèrent seulement par leurs *tensions nominales* ou leurs *plages de tensions nominales* et/ou leur fréquence nominale

3.10

garde-main

garde physique distinctive séparant la poignée d'un *comparateur de phase* en dispositif complet de son *élément isolant*

Note 1 à l'article: Le but du *garde-main* est d'empêcher la main de glisser et d'entrer en contact avec l'*élément isolant*.

3.11

indicateur

partie d'un *comparateur de phase* qui indique l'état de la relation de phase entre deux pièces à comparer

Note 1 à l'article: Dans le cas des *comparateurs de phase* unipolaires, l'*indicateur* indique aussi que le *comparateur de phase* est prêt à être déplacé sur la seconde pièce à comparer («mémoire prête»).

Note 2 à l'article: Dans le cas des *comparateurs de phase* bipolaires sans fil, l'*indicateur* indique aussi l'état de la communication.

3.12

module indicateur

unité supplémentaire d'un *comparateur de phase* avec communication sans fil, normalement prévue pour être tenue à la main et qui soit comme un *indicateur* ou répéteur fournit l'indication et éventuellement d'autres informations à l'utilisateur

3.13

type intérieur

comparateur de phase conçu pour une utilisation dans des conditions sèches, normalement à l'intérieur

3.14

profondeur d'insertion

A_i

distance entre la *marque limite* et l'extrémité de l'*électrode de contact* d'un *comparateur de phase* en dispositif complet

3.15

élément isolant

partie d'un *comparateur de phase* en dispositif complet qui fournit à l'utilisateur une distance de sécurité et une isolation adéquates

3.16**perche isolante**

outil isolant essentiellement composé d'un tube isolant ou d'une tige isolante avec des *embouts de perche*

Note 1 à l'article: Pour la comparaison de phase, une *perche isolante* est prévue pour être fixée au *comparateur de phase* en dispositif séparé, de façon à procurer à l'utilisateur la longueur pour atteindre l'installation à vérifier ainsi qu'une distance de sécurité et une isolation adéquates.

[SOURCE: IEC 60050-651:2014, 651-22-01, modifiée – la Note 1 à l'article a été ajoutée.]

3.17**champ perturbateur**

champ électrique superposé pouvant affecter l'indication

Note 1 à l'article: Le *champ perturbateur* peut provenir des pièces à comparer ou d'autres composants voisins et être en n'importe quelle relation de phase.

Note 1 à l'article: Les cas extrêmes pour les essais sont:

- un *champ perturbateur* en phase: Ceci apparaît comme résultat des dimensions et/ou de la configuration des parties de l'installation à être comparée(s) ou des parties adjacentes de l'installation ayant des tensions de même phase que les pièces à comparer;
- un *champ perturbateur* en opposition de phase: Cela apparaît comme résultat des parties adjacentes de l'installation ayant des tensions en opposition de phase aux pièces à comparer.

3.18**marque limite**

emplacement ou marque distinctif indiquant à l'utilisateur la limite physique jusqu'à laquelle le *comparateur de phase* peut être inséré entre les pièces sous tension ou qu'il peut les toucher

3.19**essai de maintenance**

essai effectué périodiquement sur un dispositif ou un équipement et destiné à vérifier que ses caractéristiques de fonctionnement se maintiennent dans des limites spécifiées, après avoir procédé, le cas échéant, aux ajustements nécessaires

[SOURCE: IEC 60050-151:2001, 151-16-25 modifiée – la définition a été modifiée pour s'adapter au contexte particulier de la maintenance d'un dispositif ou d'un équipement.]

3.20**durée de maintien de la mémoire**

pour un *comparateur de phase* unipolaire, temps maximal disponible pour faire contact avec la deuxième pièce à comparer, à partir de l'instant où l'indication "mémoire prête" apparaît et que le *comparateur de phase* est en contact avec la première pièce à vérifier

3.21**tension nominale**

U_n

valeur arrondie appropriée de la tension utilisée pour identifier un réseau ou un dispositif

Note 1 à l'article: La *tension nominale* du *comparateur de phase* est un paramètre associé à son *indication indiscutable*. Dans le cas d'un *comparateur de phase* ayant plus d'une *tension nominale* ou une plage de tensions nominales, les valeurs limites de la plage de tensions nominales sont désignées par $U_{n \min}$ et $U_{n \max}$.

[SOURCE: IEC 60050-601:1985, 601-01-21, modifiée – la définition a été modifiée pour s'adapter au contexte particulier d'un dispositif ou d'un équipement et la Note 1 à l'article a été ajoutée.]

3.22

type extérieur

comparateur de phase conçu pour une utilisation dans des conditions humides, soit à l'intérieur, soit à l'extérieur

3.23

allonge permanente de l'électrode de contact

élément conducteur isolé extérieurement situé entre l'*indicateur* et l'*électrode de contact* dans certaines conceptions de *comparateur de phase* afin d'éloigner l'*indicateur* de la pièce sous tension destinée à être comparée

Note 1 à l'article: L'*allonge permanente de l'électrode de contact* peut contenir des impédances.

Note 2 à l'article: L'*allonge permanente de l'électrode de contact* n'est pas un accessoire.

3.24

comparateur de phase

dispositif portatif utilisé pour fournir une preuve indiscutable de la présence ou de l'absence de la bonne relation de phase entre deux parties sous tension qui sont à la même tension et à la même fréquence nominales

[SOURCE: IEC 60050-651:2014, 651-24-03, modifiée – la définition a été modifiée pour spécifier que le dispositif ici défini est un dispositif portatif.]

3.25

comparateur de phase de type capacitif

comparateur de phase capacitif

dispositif dont le fonctionnement est basé sur le courant qui traverse la capacité parasite vers la terre

Note 1 à l'article: Les *comparateurs de phase* de type capacitif sont soit des *comparateurs de phase* bipolaires fonctionnant avec une liaison sans fil soit des *comparateurs de phase* unipolaires fonctionnant avec un système de mémoire.

Note 2 à l'article: Les *comparateurs de phase* de type capacitif ont un fonctionnement se basant principalement sur la mesure de l'angle de phase (en fonction de la fréquence).

3.26

protection contre le contournement

protection contre l'amorçage ou le claquage, quand l'isolation entre les pièces de l'installation, à différents potentiels, est diminuée par la présence du *comparateur de phase*

3.27

tension assignée

U_r

valeur de la tension à laquelle certaines spécifications de fonctionnement font référence

Note 1 à l'article: La *tension assignée* du *comparateur de phase* est la tension choisie dans les Tableaux 2 et 3, colonne 1, de l'IEC 60071-1:2006; il convient que celle-ci soit égale: soit à la *tension nominale* (ou la plus haute *tension nominale* de sa plage de tensions nominales); soit à la valeur de tension immédiatement supérieure indiquée dans ces tableaux

3.28

temps de réponse

intervalle de temps entre le moment où le *comparateur de phase* fait contact avec la deuxième pièce à comparer et l'*indication indiscutable* correspondante

3.29

dispositif de contrôle

élément intégré ou dispositif séparé au moyen duquel le fonctionnement du *comparateur de phase* peut être vérifié par l'utilisateur

[SOURCE: IEC 60743:2013, 11.3.7, modifiée – la définition a été modifiée pour préciser son application au *comparateur de phase*.]

3.30

paramètre de seuil

angle de phase minimal φ_p entre les deux pièces à comparer qui cause un changement de l'état du *signal actif*

3.31

système de liaison sans fil

système de communication utilisé pour échanger de l'information entre les différentes unités d'un *comparateur de phase* sans liaison physique

4 Exigences

4.1 Indication

Le *comparateur de phase* doit donner une *indication indiscutable* des états «relation de phase incorrecte» et/ou «relation de phase correcte», au moyen du changement de l'état d'un ou de plusieurs *signaux actifs*.

L'indication doit être visuelle. Il est possible d'ajouter une indication sonore complémentaire.

Dans le cas d'un *comparateur de phase* ayant une *tension nominale* supérieure à 36 kV, il est recommandé d'avoir les deux indications, visuelle et sonore.

Dans le cas d'un *comparateur de phase* unipolaire, l'état «mémoire prête» doit être indiqué.

Dans le cas d'un *comparateur de phase* bipolaire fonctionnant avec une liaison sans fil, l'état de la communication doit être indiqué.

4.2 Exigences fonctionnelles

4.2.1 Indication indiscutable

4.2.1.1 Généralités

Les exigences suivantes s'appliquent lorsque les deux pièces à comparer sont à la même *tension nominale* et la même fréquence.

L'indication "relation de phase incorrecte" ne doit pas apparaître pour une différence angulaire inférieure ou égale à $\pm 10^\circ$.

L'indication "relation de phase correcte" ne doit pas apparaître pour une différence angulaire supérieure à $\pm 30^\circ$, $\pm 60^\circ$, ou $\pm 110^\circ$ selon la classe du *comparateur de phase*.

Pour se conformer aux exigences ci-dessus, le *paramètre de seuil* doit satisfaire la relation suivante:

Classe A: $\pm 10^\circ < \varphi_p \leq \pm 30^\circ$

Classe B: $\pm 10^\circ < \varphi_p \leq \pm 60^\circ$

Classe C: $\pm 10^\circ < \varphi_p \leq \pm 110^\circ$, voir Note 1.

Classe D: S'il n'est pas possible d'utiliser l'une des classes mentionnées ci-dessus, le fabricant et le client doivent parvenir à un accord sur la valeur appropriée des différences angulaires. Dans un tel cas, la limite supérieure du *paramètre de seuil* doit excéder celle de la classe C.

Dans le cas des *comparateurs de phase* avec une seule *tension nominale*, $U_{n \max}$ est égale à $U_{n \min}$.

NOTE 1 Il a été reconnu que pour des réseaux avec une faible différence angulaire, un dispositif de classe C pourrait permettre d'augmenter la *durée de maintien de la mémoire*.

NOTE 2 Les différences angulaires exigées pour indiquer la relation de phase incorrecte dépendront des configurations de réseau.

NOTE 3 Un *comparateur de phase* peut ne pas donner d'indications convenables en présence d'une composante harmonique importante et/ou d'une distorsion d'amplitude (par exemple, convertisseurs c.a./c.c HT, charges non linéaires, etc.). Des données qui s'y rapportent ainsi que les limites acceptables et les exigences de performance sont à l'étude.

4.2.1.2 Réglages

L'utilisateur ne doit pas avoir accès aux réglages de l'*indicateur*.

Un sélecteur pour différentes *tensions nominales* ou *plages de tensions nominales* est permis, mais pour chaque position du sélecteur l'utilisateur ne doit avoir accès à aucun réglage.

Chaque unité d'un *comparateur de phase* avec liaison sans fil peut être munie d'un sélecteur accessible pour le réglage d'un système de communication multicanaux (par exemple: radiocommunication).

4.2.1.3 Indication continue

Dès que le *comparateur de phase* donne une *indication indiscutable*, il doit continuer à l'indiquer aussi longtemps qu'il demeure en contact direct avec la pièce sous tension.

4.2.1.4 Influence des champs perturbateurs

La présence d'un *champ perturbateur* (pièces adjacentes sous tension ou à la terre) ne doit pas affecter l'indication lorsque le *comparateur de phase* est utilisé conformément aux instructions d'emploi.

NOTE L'indication peut ne pas être fiable au voisinage de parties conductrices de taille importante qui créent des zones d'équipotentialité.

4.2.1.5 Marquage spécial en cas d'utilisation limitée

Un *comparateur de phase* qui ne satisfait pas à n'importe lequel des essais du 5.2.2 ou du 5.2.5 lorsque le montage d'essai de la Figure 4 est utilisé, doit avoir le marquage "LU¹" indiquant une utilisation limitée.

4.2.1.6 Compatibilité électromagnétique (CEM)

Les *comparateurs de phase* doivent satisfaire aux exigences des appareils portatifs de classe A de l'IEC 61326-1.

NOTE Il est possible que, dans certains pays, des exigences supplémentaires soient ajoutées afin de satisfaire à la réglementation de CEM.

4.2.2 Portée de communication

Les *comparateurs de phase* avec liaison sans fil doivent communiquer de façon adéquate dans les limites de la portée de communication en champ libre (entre les différentes unités du dispositif en entier) spécifiée par le fabricant dans les instructions d'emploi (voir l'Annexe A).

¹ LU = *limited use*.

La présente norme ne contient aucune exigence relative à la radiocommunication. Lorsque cela s'applique, il convient que le *comparateur de phase* soit conforme aux règles nationales de radiocommunication.

4.2.3 Perceptibilité indiscutable

4.2.3.1 Indication visuelle

Le *comparateur de phase* doit donner à l'utilisateur une indication visuelle indiscutable dans des conditions normales de lumière et dans sa position de fonctionnement.

Quand deux ou plusieurs signaux visuels actifs sont utilisés, l'indication ne doit pas reposer seulement sur la perceptibilité de lumières de différentes couleurs. Des caractéristiques supplémentaires telles que la séparation physique des sources lumineuses, des formes distinctes de signaux lumineux ou des lumières clignotantes doivent être utilisées.

4.2.3.2 Indication sonore (le cas échéant)

Le *comparateur de phase* doit donner à l'utilisateur une indication sonore indiscutable dans des conditions normales de bruit et dans sa position de fonctionnement.

Quand deux signaux sonores actifs sont utilisés, l'indication ne doit pas reposer seulement sur la perceptibilité de sons de niveaux de pression acoustique différents. Des caractéristiques supplémentaires, telles que la tonalité ou l'intermittence des signaux sonores doivent être utilisées.

4.2.4 Influence de la température et de l'humidité sur l'indication

Il existe trois catégories de *comparateurs de phase* selon les conditions climatiques de fonctionnement: froides (C), normales (N) et chaudes (W). Le *comparateur de phase* doit fonctionner correctement dans la plage de températures de sa catégorie climatique, conformément au Tableau 1.

Tableau 1 – Plages de conditions climatiques

Plages de conditions climatiques (fonctionnement et stockage)		
Catégorie climatique	Température °C	Humidité %
Froid (C)	–40 à +55	20 à 96
Normal (N)	–25 à +55	20 à 96
Chaud (W)	–5 à +70	12 à 96

4.2.5 Influence de la fréquence

4.2.5.1 Généralités

À un moment donné, on considère la valeur de la fréquence comme étant la même partout sur un réseau. Alors, les exigences suivantes s'appliquent lorsque les deux pièces à comparer sont à la même fréquence.

4.2.5.2 Tolérance de la fréquence nominale

Le *comparateur de phase* doit fonctionner correctement à des fréquences dans une limite de tolérance d'au moins $\pm 0,2$ % de la fréquence nominale.

Un *comparateur de phase* à deux fréquences nominales doit fonctionner correctement pour chaque fréquence nominale dans une limite de tolérance d'au moins $\pm 0,2\%$.

4.2.5.3 Glissement de la fréquence d'un comparateur de phase unipolaire

Les *comparateurs de phase* unipolaire doivent fonctionner correctement avec des variations de fréquence jusqu'à 1 MHz/s pendant la *durée de maintien de la mémoire* établie par le fabricant, après l'apparition de l'indication «mémoire prête».

L'indication d'un *comparateur de phase* unipolaire ne doit pas conclure à une «relation de phase correcte» avec des variations de fréquence supérieures à 10 MHz/s pendant au moins 5 s après l'apparition de l'indication «mémoire prête».

La *durée de maintien de la mémoire* doit être d'au moins 5 s.

4.2.6 Temps de réponse

Le *temps de réponse* d'un *comparateur de phase* ne doit pas être supérieur à 1 s. Dans les cas où le *temps de réponse* est supérieur à 1 s, le *comparateur de phase* doit indiquer de façon visuelle et/ou sonore que le traitement de données est toujours en cours.

4.2.7 Sécurité sur l'état de fonctionnement de l'alimentation

Le *comparateur de phase* avec source d'alimentation incorporée doit donner une *indication indiscutable* jusqu'à ce qu'une indication d'indisponibilité apparaisse ou que le dispositif se coupe automatiquement, comme mentionné dans les instructions d'emploi.

4.2.8 Dispositif de contrôle

Le *dispositif de contrôle*, qu'il soit intégré ou séparé, doit permettre le contrôle de tous les circuits électriques, du *système de liaison sans fil*, de la source d'énergie et du fonctionnement de l'indication. Quand tous les circuits ne peuvent pas être contrôlés, chaque restriction doit être clairement indiquée dans les instructions d'emploi. Ces circuits doivent être construits avec une grande fiabilité. Quand il y a un *dispositif de contrôle* incorporé, le *comparateur de phase* doit donner une indication «prêt» ou «indisponible».

4.2.9 Temps de fonctionnement

Le *comparateur de phase* doit pouvoir fonctionner sans défaillance et sans donner d'indication erronée quand il est soumis à la tension maximale de service pendant le temps de fonctionnement spécifié.

Le temps de fonctionnement minimal doit être de

- 5 min dans le cas d'un *comparateur de phase* à une *tension nominale* jusqu'à 36 kV;
- 15 min dans le cas d'un *comparateur de phase* à une *tension nominale* supérieure à 36 kV.

Dans les instructions d'emploi le fabricant doit indiquer clairement à l'utilisateur le temps de fonctionnement maximal.

4.3 Exigences électriques

4.3.1 Matériau isolant

Les caractéristiques nominales des matériaux isolants doivent être adaptées (nature du matériau, dimensions) à la *tension nominale* (ou à la *tension nominale* maximale de la plage de tensions) du *comparateur de phase*.

Quand des tubes de matériau isolant de section circulaire sont utilisés dans la conception de *comparateurs de phase*, il convient qu'ils soient conformes à l'IEC 60855-1 ou à l'IEC 61235, sinon ils doivent démontrer une performance d'isolation appropriée en satisfaisant à l'essai du 5.3.1.

Pour un *comparateur de phase* en dispositif complet, un *élément isolant* doit fournir à l'utilisateur l'isolation adéquate.

NOTE Pour un *comparateur de phase* en dispositif séparé, le choix d'une *perche isolante* adaptable appropriée fournira à l'utilisateur l'isolation adéquate.

4.3.2 Protection contre le contournement

La protection doit être telle que le *comparateur de phase* ne puisse pas provoquer un amorçage ou un claquage entre les parties sous tension d'une installation ou entre une partie sous tension d'une installation et la terre.

4.3.3 Résistance à l'amorçage

Le *comparateur de phase* doit être construit de telle façon que l'*indicateur* ne puisse pas être endommagé ou mis hors service par un arc électrique de faible énergie.

4.3.4 Élément isolant d'un comparateur de phase en dispositif complet

4.3.4.1 Rigidité diélectrique

L'*élément isolant* doit être dimensionné de façon telle qu'aucun amorçage ou claquage ne se produit lors de l'utilisation.

4.3.4.2 Courant de fuite

L'*élément isolant* d'un *comparateur de phase* de type *intérieur* doit être dimensionné de façon telle que le courant de fuite soit limité dans des conditions sèches.

L'*élément isolant* d'un *comparateur de phase* de type *extérieur* doit être dimensionné de façon telle que le courant de fuite soit limité dans des conditions sèches et humides.

4.3.5 Boîtier de l'indicateur

Le boîtier de l'*indicateur* doit être dimensionné de façon telle qu'aucun amorçage ou claquage ne se produise lors de l'utilisation.

4.4 Exigences mécaniques

4.4.1 Généralités

Dans le cas d'un *comparateur de phase* en dispositif complet, une distance adéquate doit être fournie à l'utilisateur au moyen d'un *élément isolant*.

NOTE Pour un *comparateur de phase* en dispositif séparé, le choix d'une *perche isolante* appropriée fournira à l'utilisateur une distance adéquate.

4.4.2 Conception

Le *comparateur de phase* doit être conçu pour permettre son maniement par une personne seule.

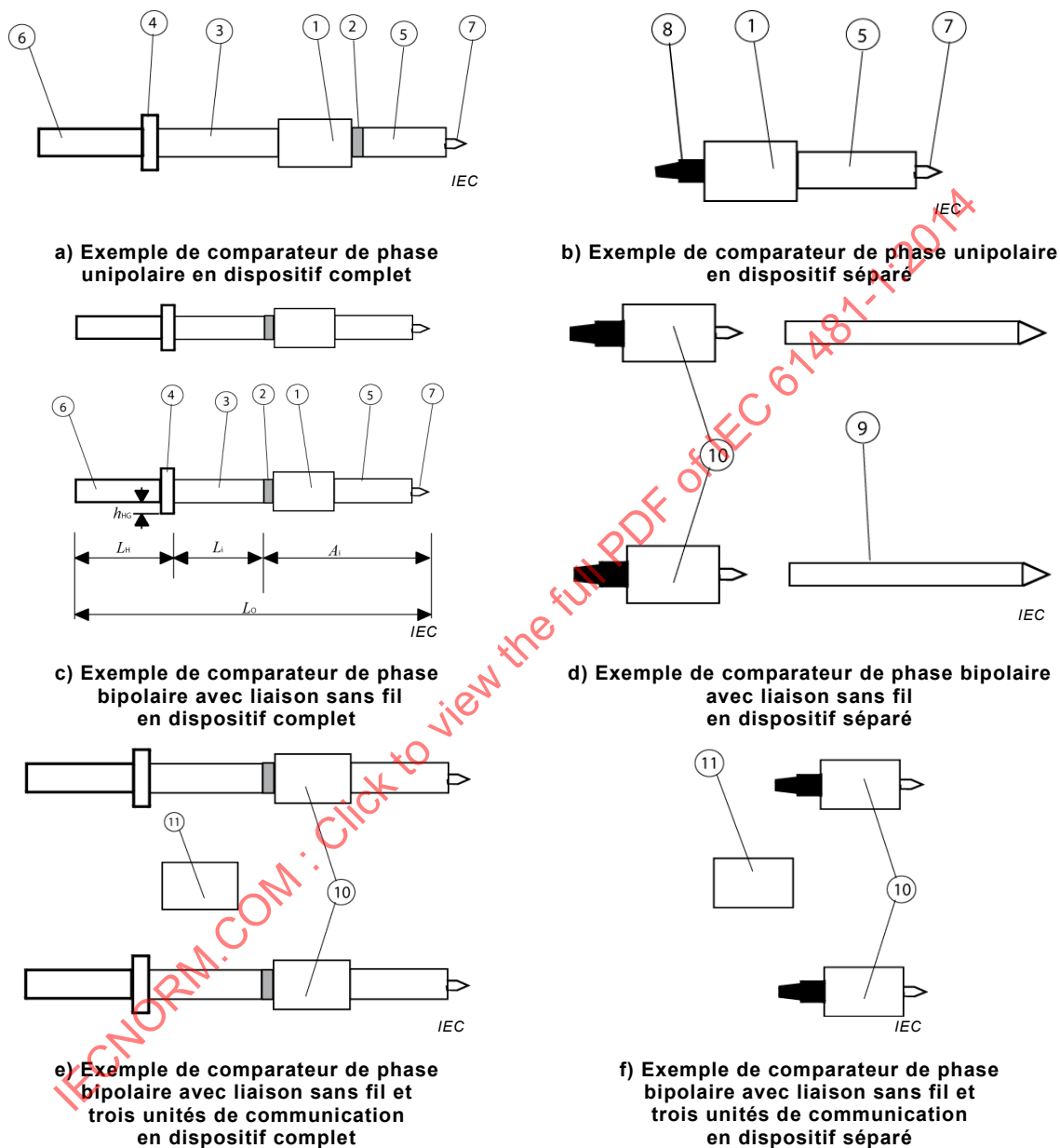
Le *comparateur de phase* en dispositif complet doit au moins comprendre les éléments suivants:

- poignée, *garde-main*, *élément isolant*, *indicateur*, *marque limite* et *électrode de contact* (voir Figure 1).

La *marque limite* peut se trouver d'un côté ou l'autre de l'*indicateur*.

Le *comparateur de phase* en dispositif séparé doit au moins comprendre les éléments suivants:

– *embout, indicateur et électrode de contact* (voir Figure 1).



Légende

1	<i>indicateur</i>	9	<i>allonge d'électrode de contact (accessoire)</i>
2	<i>marque limite</i>	10	<i>deux unités de communication principales</i>
3	<i>élément isolant</i>	11	<i>module indicateur</i>
4	<i>garde-main</i>	h_{HG}	<i>hauteur du garde-main</i>
5	<i>allonge permanente d'électrode de contact</i>	L_H	<i>longueur de la poignée</i>
6	<i>poignée</i>	L_i	<i>longueur de l'élément isolant</i>
7	<i>électrode de contact</i>	L_O	<i>longueur totale du comparateur de phase</i>
8	<i>embout (peut servir de marque limite)</i>	A_i	<i>profondeur d'insertion</i>

Figure 1 – Illustration de différents éléments et de différents principes de fonctionnement des comparateurs de phase

4.4.3 Dimensions, construction

La longueur minimale de l'*élément isolant* d'un *comparateur de phase* en dispositif complet doit être conforme au Tableau 2.

Tableau 2 – Longueur minimale de l'élément isolant (L_i) d'un comparateur de phase en dispositif complet

U_r kV	L_i mm
$1 < U_r \leq 7,2$	320
$7,2 < U_r \leq 12$	360
$12 < U_r \leq 17,5$	370
$17,5 < U_r \leq 24$	470
$24 < U_r \leq 36$	520
$36 < U_r \leq 72,5$	830
$72,5 < U_r \leq 123$	1 300
$123 < U_r \leq 170$	1 700
$170 < U_r \leq 245$	2 300

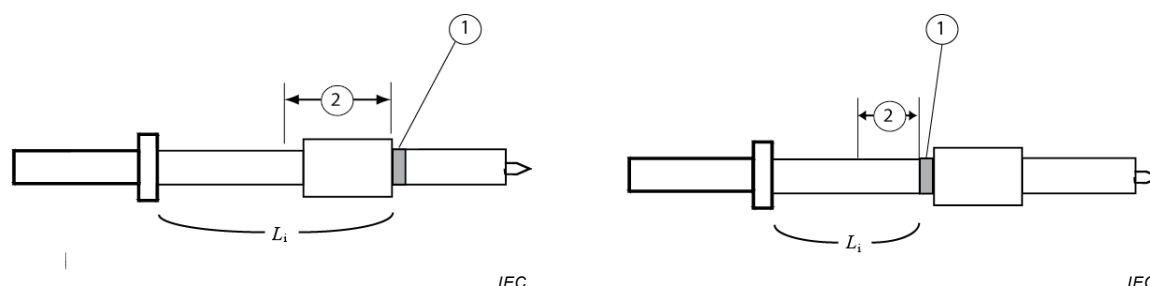
NOTE 1 La *tension nominale* U_n est utilisée quand les paramètres à spécifier sont en relation avec le dimensionnement de l'installation ou avec les performances fonctionnelles du *comparateur de phase*, alors que la *tension assignée* U_r est utilisée quand les performances d'isolation du *comparateur de phase* sont impliquées.

NOTE 2 Les valeurs L_i du Tableau 2 correspondent à la distance minimale dans l'air (tirée des Tableaux 1 et 2 de l'IEC 61936-1:2010) augmentée d'une distance supplémentaire de sécurité.

NOTE 3 Les valeurs L_i du Tableau 2 peuvent être utilisées comme un guide dans la détermination de la longueur de la *perche isolante* à utiliser avec un *comparateur de phase* en dispositif séparé. Cependant, dans le cas d'un *comparateur de phase* en dispositif séparé, la longueur de la *perche isolante* pour les travaux sous tension peut être réduite soit en prenant en compte les distances minimales d'approche, soit en se conformant aux réglementations nationales ou régionales.

Dans le cas d'un *comparateur de phase* en dispositif complet et lorsque L_i est égale ou supérieure à 520 mm, des parties conductrices sont permises à l'intérieur de la longueur minimale de l'*élément isolant* à condition qu'elles soient complètement isolées de l'extérieur et situées adjacentes à la *marque limite* dans une seule section de l'*élément isolant* n'excédant pas 200 mm (voir la Figure 2).

NOTE 4 La performance de l'isolation recouvrant les parties conductrices est vérifiée par l'essai de *protection contre le contournement* du 5.3.2.



Légende

- 1 *marque limite*
- 2 *section de l'élément isolant où des parties conductrices sont permises (≤ 200 mm)*
- L_i *longueur minimale de l'élément isolant*

Figure 2 – Emplacement des parties conductrices permises à l'intérieur de la longueur minimale de l'élément isolant d'une perche de comparaison d'un comparateur de phase en dispositif complet

La *marque limite* doit être d'une largeur d'environ 20 mm, être permanente, et clairement reconnaissable par l'utilisateur.

Si un *comparateur de phase* en dispositif séparé ne possède pas de *marque limite*, l'extrémité de l'*embout* peut servir de *marque limite* (Figures 1b, 1d et 1f).

Pour un *comparateur de phase* en dispositif complet, la longueur de la poignée (L_H) doit être d'au moins 115 mm.

NOTE 5 Une poignée plus longue facilite une utilisation à deux mains.

Pour un *comparateur de phase* en dispositif complet, le *garde-main* doit être fixé de façon permanente et avoir une hauteur minimale (h_{HG}) de 20 mm.

De façon à adapter le *comparateur de phase* à différentes utilisations, l'*électrode de contact* peut être facilement interchangeable avec d'autres types d'*électrodes de contact* selon le type d'installation à comparer et les instructions d'emploi.

Les parties composant un *comparateur de phase* prévu pour être démonté doivent être clairement marquées comme appartenant à un même assemblage.

4.4.4 Force de préhension et flèche

Le *comparateur de phase* doit être conçu pour faciliter un maniement fiable avec un effort physique raisonnable par l'utilisateur.

Le *comparateur de phase* doit être conçu de façon à permettre d'approcher en toute sécurité les parties de l'installation à comparer. La flèche des perches de comparaison, sous leur propre poids, doit être aussi faible que possible.

NOTE Pour un *comparateur de phase* en dispositif séparé, il est possible que le choix de la *perche isolante* influence de façon importante la force de préhension et la flèche.

4.4.5 Résistance aux vibrations

Le *comparateur de phase* incluant, le cas échéant, le *module indicateur* doit résister aux vibrations.

4.4.6 Résistance aux chutes

Le *comparateur de phase* incluant, le cas échéant, le *module indicateur* doit résister aux chutes.

4.4.7 Résistance aux chocs

Le *comparateur de phase* incluant, le cas échéant, le *module indicateur* doit résister aux chocs.

4.5 Marquage

Chaque *comparateur de phase* doit posséder au moins les éléments de marquage suivants:

- la *tension nominale* et/ou la plage de *tensions nominales*;
- la fréquence nominale ou les fréquences nominales;
- le symbole de la classe de fonctionnement (“A”, “B”, “C” ou “D”);
- le nom ou la marque commerciale du fabricant;
- la référence du modèle, le numéro de série;
- l’indication du *type intérieur* ou *extérieur*;
- le symbole pour la ou les catégories climatiques (“C”, “N” ou “W”);
- le symbole “LU”, le cas échéant;
- l’année de fabrication;
- le symbole IEC 60417-5216 (2002-10) – Approprié aux travaux sous tension; double triangle (voir l’Annexe B);

NOTE La proportion exacte de la hauteur de la figure à la base du triangle est de 1,43. Dans un souci pratique, la proportion peut se situer entre les valeurs de 1,4 et 1,5.

- le numéro de la norme IEC qui s’applique (“IEC 61481-1”) adjacent au symbole double triangle.

Pour être marqué du numéro de la présente norme, le produit doit satisfaire à toutes les exigences qui y sont spécifiées.

Avec chaque *comparateur de phase* ou avec chaque lot de comparateurs de phase à livrer, le fabricant doit fournir l’information relative au numéro de la norme avec l’année de publication.

Dans le cas d’un *comparateur de phase* avec source d’énergie incorporée, le type d’alimentation doit être indiqué soit sur l’*indicateur*, soit dans le compartiment conçu pour recevoir l’alimentation, et la polarité lorsque cela est nécessaire.

Le marquage doit être lisible et permanent. La hauteur des caractères doit être d’au moins 3 mm. Le marquage ne doit pas altérer la qualité du *comparateur de phase*.

4.6 Instructions d’emploi

Chaque *comparateur de phase* couvert par la présente norme doit être accompagné des instructions d’emploi du fabricant.

Les instructions d’emploi doivent comprendre au minimum les informations de l’Annexe A.

Ces instructions doivent être préparées en conformité avec les dispositions générales de l’IEC 61477.

4.7 Exigences en cas de mauvais usage raisonnablement prévisible pendant les travaux sous tension

4.7.1 Sélection de la tension

Le cas échéant, en cas de position incorrecte du sélecteur de tension, le *comparateur de phase* ne doit pas donner une indication incorrecte de la relation de phase.

4.7.2 Sélection de la fréquence

Le cas échéant, en cas de position incorrecte du sélecteur de fréquence, le *comparateur de phase* ne doit indiquer aucune relation de phase.

4.7.3 Sélection du canal en cas de liaison sans fil

Le cas échéant, en cas de réglage incorrect des sélecteurs de canaux, le *comparateur de phase* ne doit indiquer aucune relation de phase.

5 Essais

5.1 Généralités

5.1.1 Dispositions d'essai

La présente norme fournit les dispositions d'essai pour démontrer que le produit satisfait aux exigences de l'Article 4. Ces dispositions d'essai sont principalement destinées à être utilisées comme essais de type permettant de valider la conception. Lorsque cela est approprié, des moyens alternatifs (calcul, examen, essais, etc.) sont spécifiés dans les paragraphes consacrés aux essais pour les *comparateurs de phase* issus de la production.

Les essais doivent être réalisés sur le *comparateur de phase* complètement assemblé, conformément aux instructions d'emploi. Sauf prescription contraire, dans le cas d'un *comparateur de phase* en dispositif séparé, les essais doivent être réalisés avec chaque perche de comparaison équipée d'une *perche isolante* qui satisfait aux 4.3.1, 4.4.1 et 4.4.3.

NOTE Il est essentiel que les essais soient réalisés au sein d'une structure d'essai compétente.

5.1.2 Conditions atmosphériques

Sauf spécification contraire, les essais sont effectués dans les conditions atmosphériques normales suivantes de l'IEC 60068-1 pour les essais et les mesures:

- température ambiante 15 °C à 35 °C;
- humidité relative 25 % à 75 %;
- pression atmosphérique 86 kPa à 106 kPa.

Pour les essais de type, le *comparateur de phase* doit être soumis à ces conditions pendant au moins 4 h avant de subir l'ensemble des essais.

5.1.3 Essais sous pluie

Avant les essais électriques, chaque *comparateur de phase* doit être nettoyé à l'isopropanol ($\text{CH}_3\text{-CH}(\text{OH})\text{-CH}_3$) et ensuite séché à l'air pendant 15 min.

NOTE Il ne fait pas partie de cette norme de s'assurer que la législation applicable ainsi que les exigences de sécurité propres à l'usage de l'isopropanol sont respectées intégralement.

L'essai sous pluie doit être réalisé conformément au 4.4.1 de l'IEC 60060-1:2010 (procédure d'essai sous pluie) avec l'exception suivante: les ouvertures dans le récipient collecteur

destiné à mesurer le débit doivent être inférieures ou égales à la section horizontale de l'*indicateur*.

5.1.4 Essai de type

5.1.4.1 Essai de type de la configuration de base

L'essai de type doit être effectué sur trois *comparateurs de phase* complets représentatifs de la production et sur trois éprouvettes de chaque matériau fournissant l'isolation haute tension, sauf pour l'essai du 5.2.4 qui est réalisé sur un seul *comparateur de phase*. Si plus d'un *comparateur de phase* ou plus d'une éprouvette ne satisfait pas à l'essai, l'essai a échoué. Si un seul *comparateur de phase* ou une seule éprouvette ne satisfait pas à l'essai, la séquence complète d'essai de type doit être répétée sur trois autres *comparateurs de phase* ou trois autres éprouvettes. Si un de ces nouveaux *comparateurs de phase* ou une de ces nouvelles éprouvettes ne satisfait pas à l'essai, l'essai de type est considéré comme ayant échoué.

NOTE Dans le cas particulier du 5.2.4, l'essai de type est considéré comme ayant échoué si le *comparateur de phase* ne satisfait pas à l'essai.

Les essais de type doivent être exécutés selon la séquence définie à l'Annexe C.

5.1.4.2 Essai de type des électrodes de contact supplémentaires et des accessoires

L'utilisation de différentes *électrodes de contact*, d'*accessoires* ou d'une combinaison d'*accessoires* peut affecter la performance du *comparateur de phase*.

Lorsque plusieurs allonges d'*électrode de contact* ou plusieurs *électrodes de contact* sont fournies, les essais suivants doivent être réalisés avec chaque *allonge d'électrode de contact*, chaque *électrode de contact* et chacune de leur combinaison:

- résistance aux vibrations (voir 5.4.3),
- résistance aux chutes (voir 5.4.4).
- *indication indiscutable* (voir 5.2.2),
- influence des champs électriques perturbateurs (voir 5.2.5),
- *protection contre le contournement* pour un *comparateur de phase* de type intérieur/extérieur (voir 5.3.2),
- *protection contre le contournement* pour un *comparateur de phase* de type extérieur (voir 5.3.3),
- résistance à l'amorçage (voir 5.3.4) et
- portée de communication (voir 5.2.3).

Ces essais de type peuvent être réalisés

- sur un même ensemble de *comparateurs de phase*, ceux-ci étant équipés successivement avec les différentes *électrodes de contact*, les différents *accessoires* ou combinaisons d'*accessoires*, ou
- sur différents ensembles de *comparateurs de phase*, chaque ensemble étant équipé avec un accessoire ou une combinaison différente d'*accessoires*.

Dans le cas de différents ensembles de *comparateurs de phase*, si pour chaque ensemble plus d'un *comparateur de phase* ne satisfait pas à l'essai, l'essai a échoué. Pour chaque ensemble, si un seul *comparateur de phase* ne satisfait pas à l'essai, la séquence complète pour l'essai de type qui s'y rapporte (voir 5.1.4.1) doit être répétée sur un nouvel ensemble de trois *comparateurs de phase*. Si un de ces trois nouveaux *comparateurs de phase* ne satisfait pas à l'essai, l'essai de type pour cette configuration est considéré comme ayant échoué.

5.1.4.3 Essai de type d'une famille de comparateurs de phase

Dans le cas de comparateurs de phase de la même famille, ce qui suit s'applique:

- Les essais de type doivent être réalisés aux tensions nominales inférieure et supérieure qui délimitent la *famille de comparateurs de phase*. Dans les limites de cette famille, les essais de *protection contre le contournement* (voir 5.3.2 et 5.3.3) doivent être réalisés pour chaque distance d_1 du Tableau 7 à la tension maximale de chaque plage de tensions. Les essais mécaniques doivent être réalisés une seule fois selon les conditions les plus sévères.
- L'essai d'*indication indiscutable* (voir 5.2.2) doit être réalisé à chaque *tension nominale* ou plage de tensions nominales. Lors de tout changement du montage d'essai à l'intérieur d'une plage de tensions nominales du *comparateur de phase*, l'essai correspondant doit être réalisé.

5.1.5 Méthodes d'essai

Les essais doivent être exécutés en utilisant une source d'énergie alternative conformément aux exigences données dans l'IEC 60060-1.

La valeur maximale de la tension d'essai doit être atteinte dans un délai de 10 s à 20 s.

Tous les types de *comparateurs de phase* (intérieur et extérieur) doivent être soumis aux essais dans des conditions sèches.

Sauf spécification contraire,

- une tolérance de ± 3 % est permise sur toutes les valeurs prescrites,
- les essais diélectriques doivent être effectués à une fréquence de 50 Hz ou 60 Hz,
- des essais supplémentaires applicables aux *comparateurs de phase de type extérieur* doivent être exécutés dans des conditions de pluie.

On ne doit pas appliquer de facteur de correction aux tensions d'essai en fonction des conditions climatiques.

5.2 Essais de fonctionnement

5.2.1 Description des montages d'essai et critères généraux de réussite

Les essais doivent être réalisés en utilisant un montage d'essai composé de deux assemblages boule-anneau tel qu'illustré à la Figure 3 et à la Figure 4 et selon les dimensions spécifiées au Tableau 3. Les Figures 3 et 4 présentent deux positions différentes de l'électrode boule par rapport à l'électrode en anneau qui lui est associée. Les deux montages d'essai permettent de simuler diverses configurations d'installations.

Il est important de limiter l'influence des éléments qui assurent le support mécanique et les connexions électriques au montage d'essai sur la configuration du champ électrique autour des électrodes d'essai.

A cette fin, une zone sphérique est définie autour de chaque électrode d'essai (boule et anneau), dans laquelle seuls les éléments illustrés aux Figures 3 or 4 sont permis.

Pour chaque électrode boule, l'élément de support doit permettre la connexion à la source de tension. La connexion électrique doit être constituée d'un câble ayant une section de conducteur de 2 mm^2 à 5 mm^2 inséré dans un tube isolant qui procure un support mécanique et une isolation électrique supplémentaire.

Pour chaque électrode en anneau, le ou les éléments assurant le support mécanique ainsi que ceux assurant la connexion électrique doivent demeurer à l'extérieur de la zone

sphérique sauf pour leurs dispositifs d'attache à l'anneau qui doivent être le plus petit possible.

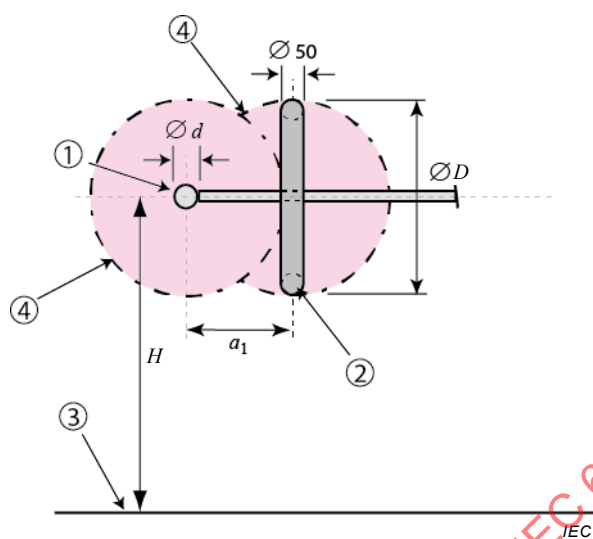
Le plancher de la salle d'essai doit être conducteur ou recouvert de tapis conducteurs et relié à la terre. Les essais doivent être conduits dans une salle sans champs perturbateurs étrangers indésirables. A l'exception des éléments isolants servant de support au montage d'essai, aucun objet ne doit se situer à l'intérieur d'une distance H entre le montage d'essai et le plancher (sol) et à l'intérieur d'une distance W entre le montage d'essai et toutes les autres directions conformément au Tableau 3.

La ou les perches de comparaison du *comparateur de phase* doivent être fixées par sa poignée au moyen d'un support isolant, de manière telle que son *électrode de contact* touche l'électrode boule et que l'*indicateur* soit approximativement concentrique à l'électrode en anneau qui lui est associée (selon l'axe horizontal) (voir la Figure 5). Par un moyen adéquat, une connexion électrique adaptée ainsi qu'une pression mécanique doivent être assurées entre l'*électrode de contact* du *comparateur de phase* et l'électrode boule sans pour autant perturber le champ électrique local. Un exemple d'un tel moyen est illustré à la Figure 6a. Il est aussi possible de modifier l'électrode boule sans perturber le champ électrique local. Un exemple d'une telle modification de l'électrode boule est illustré à la Figure 6b.

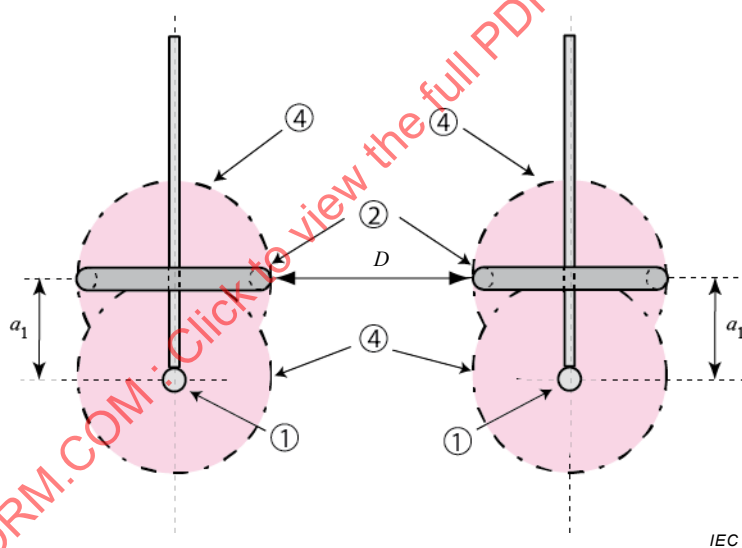
Pour se conformer sans aucune restriction à la présente norme, le *comparateur de phase* doit satisfaire aux essais réalisés avec les montages d'essai des Figures 3 et 4.

Lorsque le *comparateur de phase*, sans aucun accessoire, ne satisfait qu'aux essais réalisés avec le montage d'essai de la Figure 3, il doit être marqué "LU" (utilisation limitée).

Dimensions en millimètres



a) Vue latérale



b) Vue de dessus

Légende

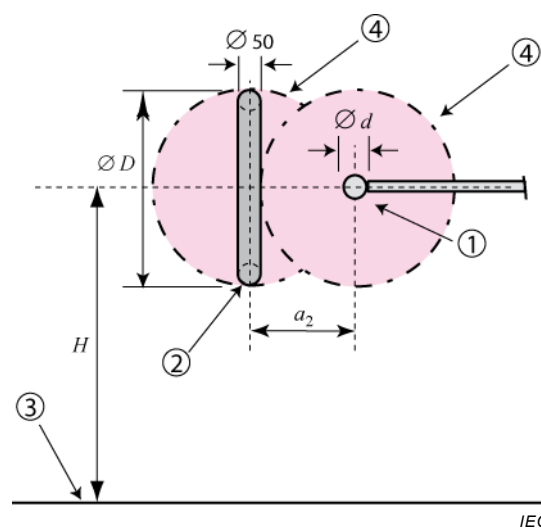
- 1 électrodes boule (B1 et B2) de diamètre $\varnothing d$ avec leur élément de support
- 2 électrodes en anneau (R1 et R2) de diamètre $\varnothing D$
- 3 sol (plancher)
- 4 zone sphérique de diamètre $\varnothing D$ autour de chaque électrode d'essai

- a_1 distance inter-électrodes
- D distance entre les deux électrodes en anneau
- H distance entre le montage d'essai et le sol

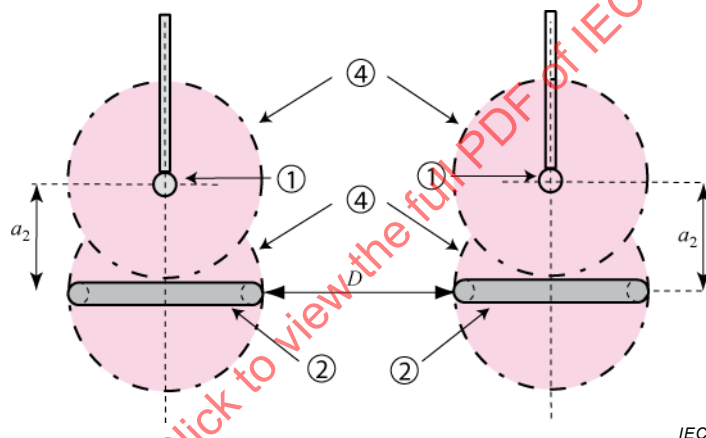
NOTE Le diamètre " D " et la distance " D " sont de la même valeur.

Figure 3 – Montage d'essai pour l'indication indiscutable avec l'électrode boule devant son électrode en anneau

Dimensions en millimètres



a) Vue latérale



b) Vue de dessus

Légende

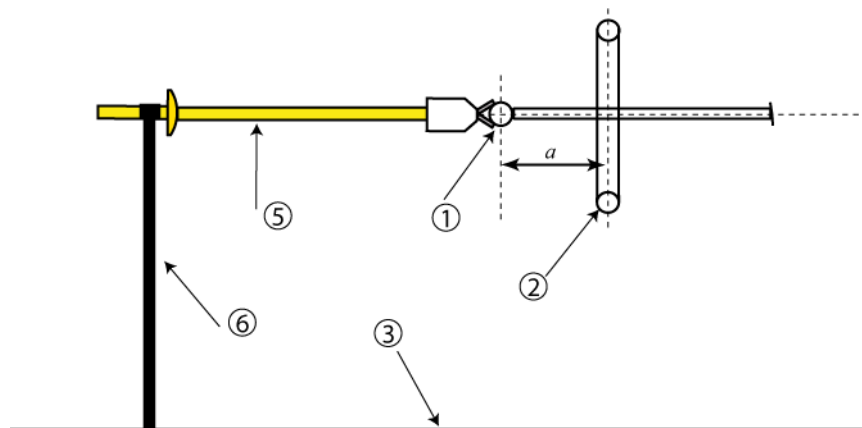
- | | |
|--|--|
| 1 électrodes boule (B1 et B2) de diamètre $\varnothing d$ avec leur élément de support | a_1 distance inter-électrodes |
| 2 électrodes en anneau (R1 et R2) de diamètre $\varnothing D$ | D distance entre les deux électrodes en anneau |
| 3 sol (plancher) | H distance entre le montage d'essai et le sol |
| 4 zone sphérique de diamètre $\varnothing D$ autour de chaque électrode d'essai | |

NOTE Le diamètre " D " et la distance " D " sont de la même valeur.

Figure 4 – Montage d'essai pour l'indication indiscutable avec l'électrode boule derrière son électrode en anneau

Tableau 3 – Dimensions du montage d'essai boule-anneau

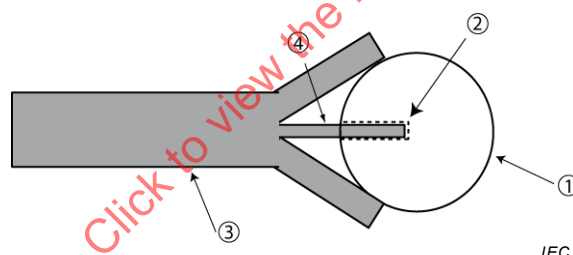
U_n	Distance inter- électrodes lorsque la boule est devant l'anneau a_1	Distance inter- électrodes lorsque la boule est derrière l'anneau a_2	H	Diamètre " $\varnothing D$ " et distance " D "	d	W (3 fois D) Distance de dégagement entre le montage d'essai et tout objet étranger mm
kV	mm	mm	mm	mm	mm	mm
$1 < U_n \leq 12$ $12 < U_n \leq 24$ $24 < U_n \leq 52$	300	100 270 430	1 500	550	$\varnothing 60$	$> 1\,650$
$52 < U_n \leq 170$ $170 < U_n \leq 245$	1 000	650 850	2 500	1 050	$\varnothing 100$	$> 3\,150$



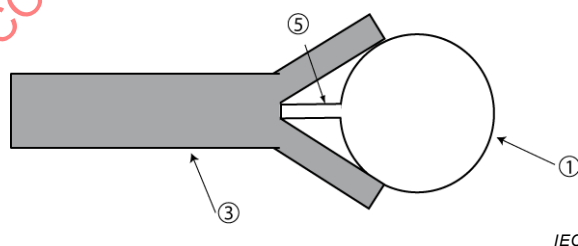
Légende

- 1 électrode boule
- 2 électrode en anneau
- 3 sol (plancher)
- 5 perche de comparaison du *comparateur de phase* (en dispositif complet ou équipé d'une *perche isolante*)
- 6 un support isolant qui maintient la perche de comparaison en position horizontale par rapport au sol

Figure 5 – Positionnement d'une perche de comparaison d'un comparateur de phase relativement à un assemblage boule-anneau



a) Modification apportée à une électrode de contact utilisée pour les essais



b) Modification apportée à l'électrode boule

Légende

- 1 électrode boule
- 2 trou circulaire percé dans l'électrode boule
- 3 *électrode de contact* en Y
- 4 tige cylindrique fixée à l'*électrode de contact* en Y, dimensionnée de façon à s'ajuster parfaitement au trou dans l'électrode boule
- 5 tige cylindrique fixée à l'électrode boule

Figure 6 – Exemples de moyens adéquats pour assurer un bon contact entre une électrode de contact et l'électrode boule

5.2.2 Indication indiscutable

La description des montages d'essai et les critères généraux de réussite sont ceux présentés au 5.2.1.

Pour la réalisation des essais d'*indication indiscutable*, les deux électrodes en anneau, désignées R1 et R2, doivent être reliées à la terre.

Dans le cas d'un *comparateur de phase* ayant une seule *tension nominale* U_n , l'essai doit être réalisé à cette *tension nominale*.

Dans le cas d'un *comparateur de phase* ayant plus d'une *tension nominale*, l'essai doit être réalisé à chaque *tension nominale*.

Dans le cas d'un *comparateur de phase* ayant une plage de tensions nominales, l'essai doit être réalisé à la plus basse ($U_{n \min}$) et à la plus haute valeur ($U_{n \max}$) de tension de la plage de tensions nominales.

Dans le cas d'un *comparateur de phase* ayant plus d'une plage de tensions nominales, l'essai doit être réalisé à la plus basse et à la plus haute valeur de tension de chaque plage de tensions nominales.

Chacune des perches de comparaison d'un *comparateur de phase* bipolaire doit être raccordée à l'une des électrodes boules du montage d'essai. Dans le cas d'un *comparateur de phase* unipolaire, l'*électrode de contact* doit toucher successivement les deux électrodes boules, conformément aux instructions d'emploi.

Pour les séries d'essais 1 et 2, les électrodes d'essai doivent avoir une tension et une relation de phase telles qu'identifiées au Tableau 4.

L'essai doit être considéré comme satisfaisant si l'indication "relation de phase incorrecte" n'apparaît pas ou si l'indication "relation de phase correcte" apparaît selon le type d'indication du *comparateur de phase*.

Pour les séries d'essais 3 et 4, les électrodes d'essai doivent avoir une tension et une relation de phase telles qu'identifiées au Tableau 4.

L'essai doit être considéré comme satisfaisant si l'indication "relation de phase incorrecte" apparaît.

Tableau 4 – Séries d'essai et conditions pour une indication indiscutable

Séries d'essais	Tension d'essai sur les deux assemblages boule-anneau (B1-R1 et B2-R2)				Indication requise selon le type d'indication	
	B1	R1	B2	R2	Relation de phase incorrecte	Relation de phase correcte
1	0,45 U_n min	terre	0,45 U_n min 10° ^a	terre	non	oui
2	0,63 U_n max	terre	0,63 U_n max 10° ^b	terre	non	oui
3	0,45 U_n min	terre	0,45 U_n min 30° ^{a c}	terre	oui	non
4	0,63 U_n max	terre	0,63 U_n max 30° ^{b c}	terre	oui	non

^a 0,45 U_n correspond à $0,78 U_n / \sqrt{3}$.

^b 0,63 U_n correspond à $1,1 U_n / \sqrt{3}$.

^c Une différence de phase selon la classe du comparateur de phase (voir 4.2.1) doit être réglée. Les valeurs correspondant à la classe de fonctionnement A sont utilisées dans le tableau à titre d'exemple.

5.2.3 Portée de communication dans le cas de comparateurs de phase bipolaires avec liaison sans fil

Toutes les unités de communication du *comparateur de phase* complet étant séparées les unes des autres de la distance maximale en champ libre déclarée par le fabricant, la communication entre toutes ces unités doit être activée.

L'essai doit être considéré comme satisfaisant si l'ensemble des différentes unités communiquent correctement entre elles conformément aux instructions d'emploi.

5.2.4 Compatibilité électromagnétique (CEM)

5.2.4.1 Essai de type

Le *comparateur de phase* doit être soumis et doit satisfaire aux essais de l'IEC 61326-1 qui s'appliquent pour:

- les exigences d'immunité des appareils portatifs alimentés par batterie ou par le circuit étant mesurées avec les paramètres d'essai suivants:

Description	Accès	Essai	Paramètres
Décharge électrostatique (DES)	Enveloppe	IEC 61000-4-2	4 kV/8 kV (contact/air)
Immunité au champ électromagnétique RF	Enveloppe	IEC 61000-4-3	3 V/m de 80 MHz à 1 GHz (Niveau 2) 3 V/m de 1,4 GHz à 2 GHz (Niveau 2) 1 V/m de 2 GHz à 2,7 GHz
Champ magnétique à fréquence industrielle	Enveloppe	IEC 61000-4-8	Non applicable

NOTE 1 Le niveau 2 correspond à un environnement électromagnétique modéré. C'est le cas pour le système mondial de communications mobiles (GSM), par exemple les transmetteurs fixes, tels que les antennes micro-ondes pour téléphones cellulaires, installées dans les structures ou postes de transmission.

NOTE 2 Les comparateurs de phase de type capacitif sont des dispositifs qui ne sont pas sensibles aux champs magnétiques.

Avec les critères de réussite suivants, pour tous les essais de CEM:

Fonction	Critères
Fonctionnement du <i>comparateur de phase</i>	B
Transfert de données (le cas échéant)	B
Fonctionnement du <i>dispositif de contrôle</i>	B

- les exigences de limite d'émission des matériels prévus pour usage sur les sites industriels avec les paramètres d'essai suivants:

Description	Accès	Essai	Paramètres
Caractéristiques de perturbations radio	Enveloppe	CISPR 11	Classe A

Le *comparateur de phase* doit être configuré dans un mode qui représente les conditions normales de travail conformément aux instructions d'emploi.

L'essai doit être considéré comme satisfaisant si les indications qui s'appliquent ne sont pas affectées.

5.2.4.2 Moyen alternatif pour les comparateurs de phase issus de la production

En fin de cycle de production, il n'est pas pratique de réaliser les essais de CEM pour contrôler la conformité aux exigences pertinentes. Néanmoins, le fabricant doit prouver qu'il a suivi la même procédure documentée d'assemblage que pour le dispositif soumis à l'essai de type.

5.2.5 Influence des champs électriques perturbateurs

5.2.5.1 Généralités

La description des montages d'essai et les critères généraux de réussite sont ceux présentés au 5.2.1.

L'essai consiste à réaliser les séries d'essais selon les conditions données au Tableau 5.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61481-1:2014

Tableau 5 – Séries d'essais et conditions pour l'influence des champs électriques perturbateurs

Séries d'essais	Tension d'essai sur les deux assemblages boucle-anneau (B1-R1 et B2-R2)				Indication requise selon le type d'indication	
	B1	R1	B2	R2	“Relation de phase incorrecte”	“Relation de phase correcte”
Influence du champ électrique perturbateur en phase						
1	0,45 U_n min 0,63 U_n max	0,45 U_n min 0,63 U_n max	0,45 U_n min 10° 0,63 U_n max 10°	terre	non	oui
2	0,45 U_n min 0,63 U_n max	0,45 U_n min 0,63 U_n max	0,45 U_n min 30° ^a 0,63 U_n max 30° ^a	terre	oui	non
3	0,45 U_n min 0,63 U_n max	0,45 U_n min 0,63 U_n max	0,45 U_n min 30° ^a 0,63 U_n max 30° ^a	terre	oui	non
4	0,45 U_n min 0,63 U_n max	0,45 U_n min 0,63 U_n max	0,45 U_n min 30° ^a 0,63 U_n max 30° ^a	terre	oui	non
Influence du champ électrique perturbateur en opposition de phase						
1	0,63 U_n max	earth	0,63 U_n max 10°	0,63 U_n max	non	oui
2	0,63 U_n max	earth	0,63 U_n max 30° ^a	0,63 U_n max	oui	non
^a Une différence de phase selon la classe du <i>comparateur de phase</i> (voir 4.2.1) doit être réglée. Les valeurs correspondant à la classe de fonctionnement A sont utilisées dans le tableau à titre d'exemple.						

5.2.5.2 Influence du champ perturbateur en phase

L'essai doit être considéré comme satisfaisant si l'indication requise dans la série d'essais appropriée du Tableau 5 apparaît.

5.2.5.3 Influence du champ perturbateur en opposition de phase

L'essai doit être considéré comme satisfaisant si l'indication requise dans la série d'essais appropriée du Tableau 5 apparaît.

5.2.6 Perceptibilité indiscutable

5.2.6.1 Perceptibilité indiscutable de l'indication visuelle

5.2.6.1.1 Essai de type

Le montage d'essai est donné à la Figure 7. Il s'applique aux *indicateurs* placés à l'extrémité haute tension du ou des perches de comparaison. Dans le cas des comparateurs de phase ayant un ou des *modules indicateur*, l'essai de type du 5.2.6.1.2 s'applique.

L'intensité de la lumière frappant un écran gris dépoli avec un indice de réflectivité de 18 % et la source lumineuse de l'*indicateur* doivent être de:

- a) 50 000 lux $\pm$ 10 % pour le *comparateur de phase* de *type extérieur* avec une lumière normalisée D₅₅ selon la CIE 15 correspondant à une température de couleur de 5 500 K $\pm$ 10 %.
- b) 1 000 lux $\pm$ 10 % pour le *comparateur de phase* de *type intérieur* avec une lumière normalisée A selon la CIE 15 correspondant à une température de couleur de 3 200 K $\pm$ 10 %.

La perche de comparaison contenant l'indication doit être positionnée dans la direction de l'axe A – B et sa source lumineuse doit être centrée sur l'axe A – B, selon la Figure 7a, en utilisation normale.

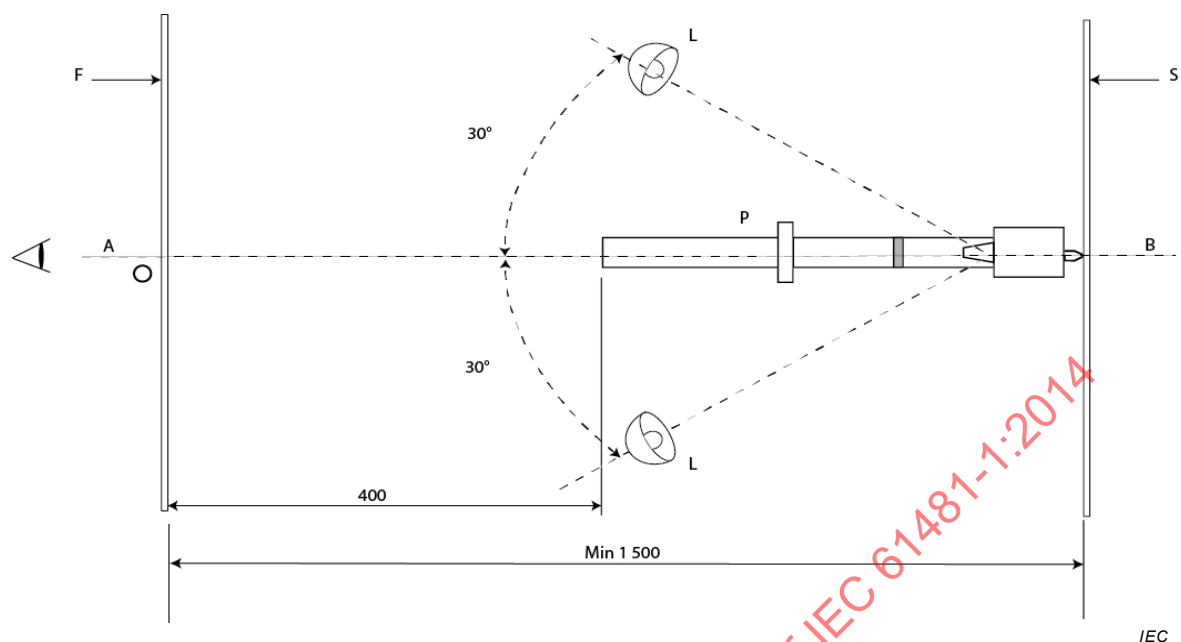
L'indication "relation de phase incorrecte" et/ou "relation de phase correcte" doit être provoquée plusieurs fois à des intervalles irréguliers inconnus de l'observateur en établissant la relation de phase correspondante sur la ou les électrodes d'essai.

L'essai peut être réalisé en alimentant le *comparateur de phase* par tout autre moyen approprié si les mêmes résultats sont obtenus.

Trois observateurs d'acuité visuelle moyenne regardent vers le *comparateur de phase* à travers des trous de 5 mm dans la plaque de façade (voir Figure 7b). La distance minimale entre la plaque avant et l'écran doit être de 1 500 mm.

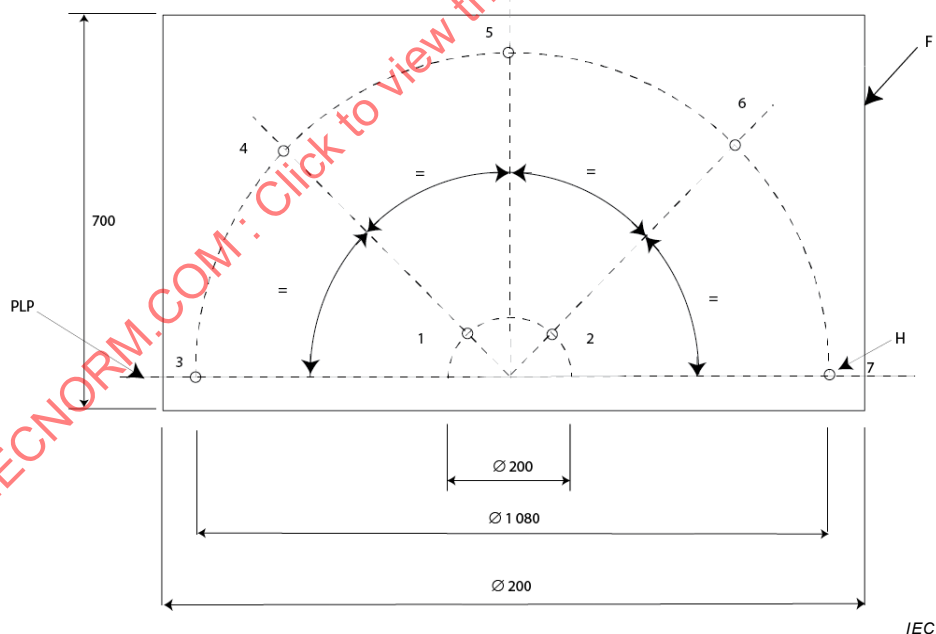
L'essai doit être considéré comme satisfaisant si la ou les indications sont vues par les trois observateurs à travers chaque trou.

Dimensions en millimètres



a) Vue de dessus

Dimensions en millimètres



b) Vue de face de la plaque avant

Légende

P	perche de comparaison du comparateur de phase	S	écran gris-clair 1 000 × 1 000
F	plaque avant perforée de 3 mm d'épaisseur	H	sept trous de 5 mm de diamètre
L	source lumineuse	PLP	plan des sources lumineuses et de la perche de comparaison du comparateur de phase

Figure 7 – Montage d'essai de la perceptibilité indiscutable de l'indication visuelle

5.2.6.1.2 Essai de type applicable aux modules indicateurs

Le *module indicateur* du *comparateur de phase* doit être placé dans un local à bas niveau de réflexion lumineuse et fixé de telle façon qu'il puisse tourner autour d'un axe horizontal au point d'affichage de l'*indicateur* tout en pouvant tourner autour de son axe longitudinal. A une distance de 150 mm derrière l'axe tournant horizontal, une surface gris mate identifiée à la couleur IEC 60304 «gris» (par exemple un mur peint ou un écran en papier) d'au moins 500 mm de diamètre doit être placée verticalement dans le local de telle manière que son centre soit derrière le *module indicateur* du *comparateur de phase*.

Le *module indicateur* (objet d'essai) et la surface gris mate doivent être éclairés par une lumière blanche diffuse issue de deux sources halogènes placées à au moins 1 m de l'objet d'essai, selon la Figure 8. La disposition doit être telle que la lumière réfléchie par la surface gris mate sur l'*indicateur* de l'objet d'essai ait un éclairement de 3 500 lux.

La butée pour le front de l'observateur doit être disposée à 750 mm de l'objet d'essai comme indiqué par le repère 5 de la Figure 8.

L'objet d'essai doit être orienté à partir de sa position initiale verticale selon un angle de 15° puis ramené à sa position initiale, l'affichage de l'*indicateur* étant tourné par effet de rotation autour de l'axe longitudinal de l'objet d'essai selon un angle de 10° vers la droite et vers la gauche, dans le but d'identifier la position la plus défavorable d'indication.

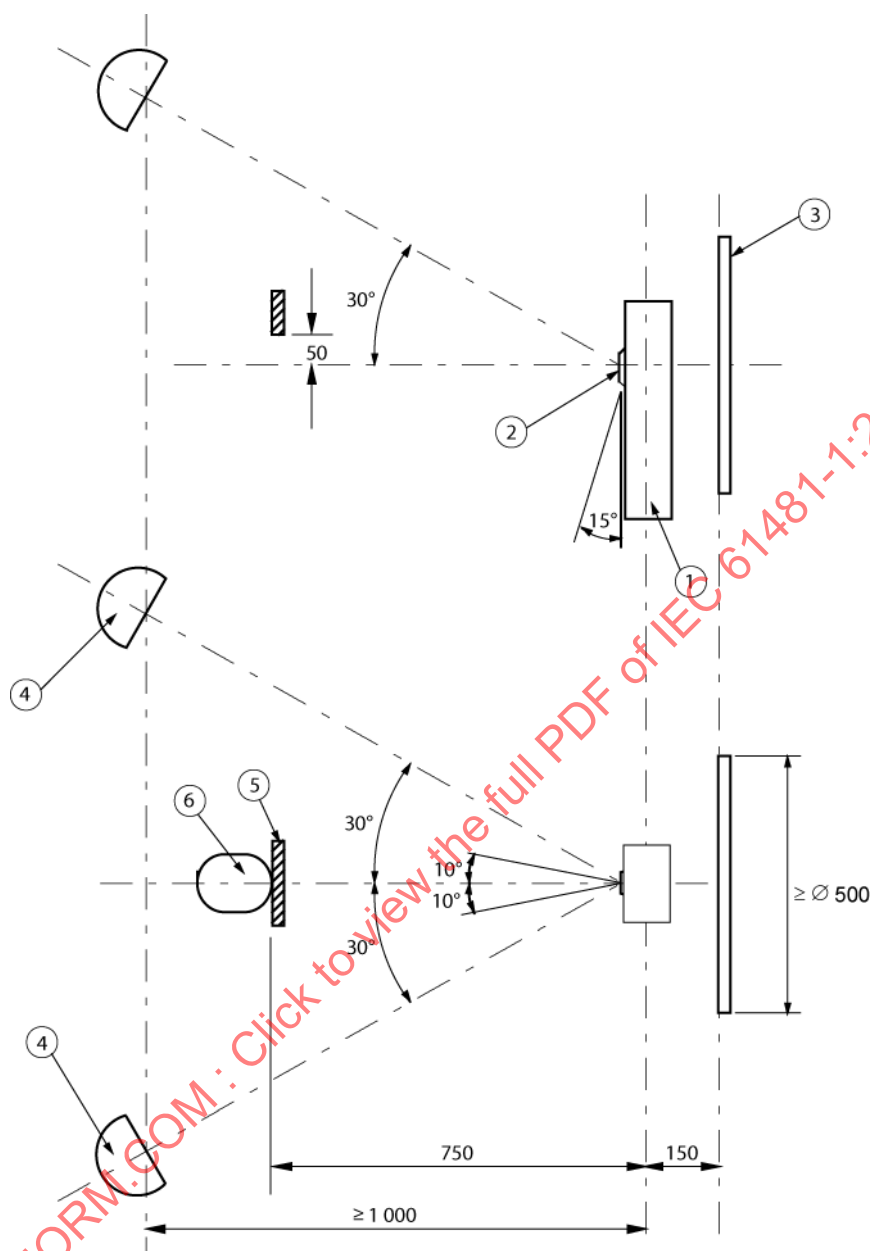
L'essai doit être conduit consécutivement par trois observateurs d'acuité visuelle moyenne. L'observateur place son front contre la butée. Par un moyen approprié, les signaux actifs doivent être générés sur le *module indicateur* avec l'affichage de l'*indicateur* dans la position la plus défavorable.

L'indication "relation de phase incorrecte" et/ou "relation de phase correcte" doit être provoquée plusieurs fois à des intervalles irréguliers inconnus de l'observateur en établissant la relation de phase correspondante sur la ou les électrodes d'essai.

L'essai peut être réalisé en alimentant le *comparateur de phase* par tout autre moyen approprié si les mêmes résultats sont obtenus.

L'essai doit être considéré comme réussi si chacun des trois observateurs a perçu de façon indiscutable chaque signal d'indication visuelle.

Dimensions en millimètres



IEC

Légende

- | | | | |
|---|---------------------------------------|---|---------------------|
| 1 | objet d'essai | 4 | source lumineuse |
| 2 | affichage du <i>module indicateur</i> | 5 | butée pour le front |
| 3 | surface gris mate | 6 | observateur |

Figure 8 – Montage d'essai de la perceptibilité indiscutable de l'indication visuelle dans le cas d'un module indicateur

5.2.6.1.3 Essai alternatif pour les comparateurs de phase issus de la production

L'essai alternatif consiste à comparer la perceptibilité de l'indication visuelle d'un *comparateur de phase* issu de la production à celle d'un *comparateur de phase* qui a satisfait à l'essai de type conformément au 5.2.6.1.1 ou au 5.2.6.1.2 (*comparateur de phase* de référence). L'essai doit être considéré comme satisfaisant si les deux perceptibilités sont à peu près identiques.

5.2.6.2 Perceptibilité indiscutable de l'indication sonore (le cas échéant)

5.2.6.2.1 Essai de type

L'essai s'applique aux *indicateurs* placés à l'extrémité haute tension du ou des perches de comparaisons. Dans le cas des *comparateurs de phase* ayant un ou des modules *indicateur*, l'essai de type du 5.2.6.2.2 s'applique.

L'essai doit être réalisé en champ libre sur plan réfléchissant, dans un environnement conforme aux exigences de l'Annexe A de l'ISO 3744:2010.

NOTE De telles conditions peuvent être rencontrées en chambre semi-anéchoïque.

La valeur moyenne du niveau du bruit de fond, sur l'ensemble des positions de microphone, doit être inférieure d'au moins 6 dB(A), mais de préférence inférieure de plus de 15 dB(A) au niveau de pression acoustique à mesurer. Si la différence entre les niveaux de pression acoustique du bruit de fond et celui émis par la source est comprise entre 6 dB(A) et 15 dB(A), une correction doit être appliquée comme décrit en 8.2.3 de l'ISO 3744:2010.

Le système d'instrumentation, incluant le microphone et le câble, doit être en conformité avec les exigences pour les instruments de classe 1 spécifiées dans l'IEC 61672-1. Les filtres utilisés doivent être en conformité avec les exigences pour les instruments de classe 1 spécifiées dans l'IEC 61260.

Pendant chaque série de mesures, un calibre acoustique d'une précision de classe 1 spécifiée dans l'IEC 60942 doit être appliqué au microphone pour vérifier l'étalonnage de tout le système d'instrumentation.

L'indication "relation de phase incorrecte" et/ou "relation de phase correcte" doit être provoquée en alimentant la ou les électrodes d'essai avec la relation de phase correspondante.

L'essai peut être réalisé en alimentant le *comparateur de phase* par tout autre moyen approprié si les mêmes résultats sont obtenus.

Le *comparateur de phase* doit être disposé suivant la Figure 9a, de telle manière que l'axe acoustique du *comparateur de phase* soit parallèle au sol et à au moins 1,5 m de toute surface réfléchissante.

Un plan de mesure doit être placé perpendiculairement à l'axe sonore selon la Figure 9a. La distance de 400 mm peut être augmentée de 200 mm si cela permet de mesurer des intensités sonores supérieures.

Les mesures doivent être effectuées pour les indications "relation de phase incorrecte" et/ou "relation de phase correcte" à chacune des douze positions du microphone, selon la Figure 9b. Le niveau de pression acoustique doit être mesuré dans chaque bande d'octave de la plage de fréquences allant de 1 000 Hz à 4 000 Hz, avec le niveau acoustique pondéré A.

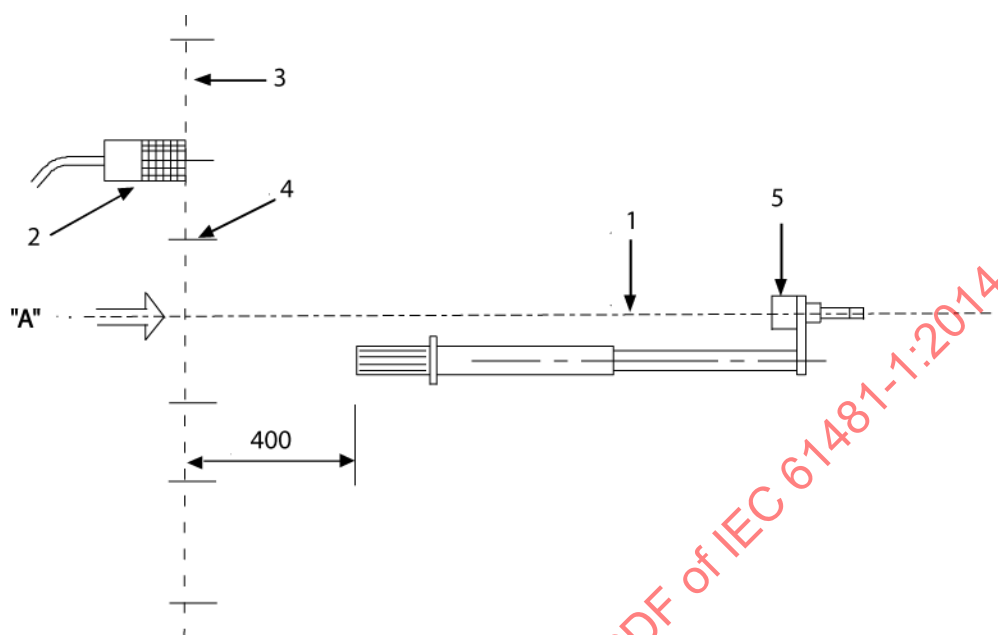
La période d'observation doit être d'au moins 10 s pour un signal continu. Pour un signal intermittent, le temps d'intégration de la mesure doit être plus court que la durée du signal.

L'essai doit être considéré comme satisfaisant si, pour chacune des positions du microphone, le niveau de pression acoustique dans au moins une bande d'octave de la plage de fréquences considérée est supérieur à

- 70 dB(A), (réf.: 20 μ Pa) pour un *comparateur de phase* avec signal sonore continu;
- 67 dB(A), (réf.: 20 μ Pa) pour un *comparateur de phase* avec signal sonore intermittent.

D'autres valeurs plus élevées peuvent faire l'objet d'un accord entre le fabricant et le client pour une utilisation spécifique en zones très bruyantes.

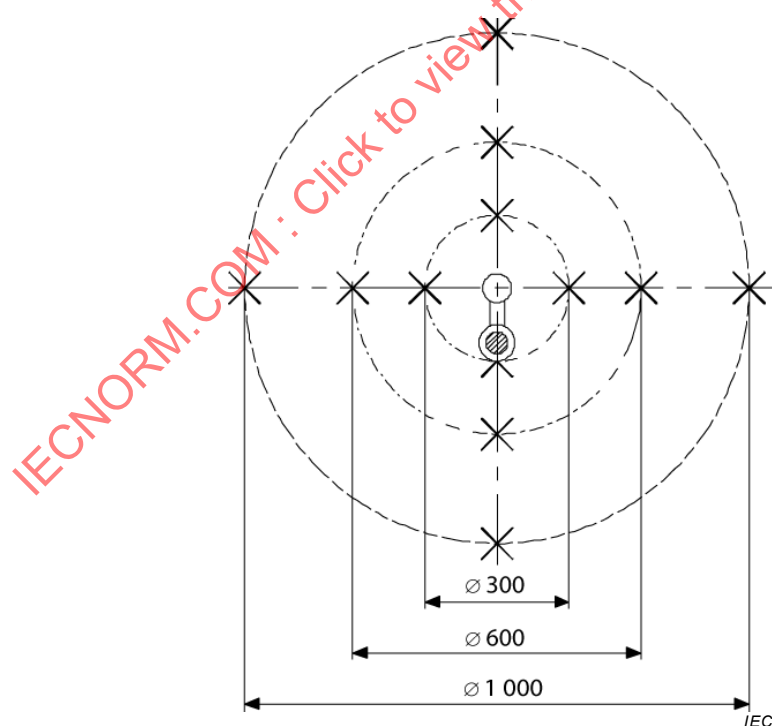
Dimensions en millimètres



IEC

a) Vue latérale

Dimensions en millimètres



IEC

b) Vue de face à partir de "A"

Légende

- | | | | |
|---|----------------------|--------|--|
| 1 | axe sonore | 4 et X | points de mesure |
| 2 | microphone de mesure | 5 | perche de comparaison du <i>comparateur de phase</i> |
| 3 | plan de mesure | | |

Figure 9 – Montage d'essai de la perceptibilité indiscutable de l'indication sonore

5.2.6.2.2 Essai de type applicable aux modules indicateurs

Les niveaux de pression acoustique doivent être mesurés selon les spécifications de l'ISO 3744, pour ce qui concerne les exigences principales (classe de précision 2, surface de mesurage, positions de microphone, bruit de fond, etc.), par contre, les mesures sont prises dans un champ libre sans le plan réfléchissant auquel se réfère l'ISO 3744.

Le coefficient d'absorption de l'environnement doit être d'au moins 0,9 à 700 Hz (voir l'ISO 354). Les mesures peuvent être réalisées dans une chambre anéchoïque dûment conforme à l'ISO 3745, ce qui permet de satisfaire naturellement aux conditions d'absorption exigées. Dans une chambre semi-anéchoïque ou tout autre environnement de champ libre sur plan réfléchissant conforme à l'ISO 3744, l'absorption du plan réfléchissant peut en général être obtenue en couvrant cette surface d'un matériau absorbant d'une épaisseur approximative de 20 cm et d'une surface minimale de 2,0 m × 2,0 m.

De plus, le niveau de bruit de fond doit être d'au moins 6 dB, mais de préférence de plus de 15 dB en-dessous du niveau de pression acoustique à mesurer, dans la plage de fréquences considérées.

Le système d'instrumentation, incluant le microphone et les câbles associés, doit être en conformité avec les exigences pour les instruments de classe 1 telles que spécifiées dans l'IEC 61672-1 pour les sonomètres (ceci est exigé pour un signal continu) ou pour les sonomètres intégrateurs-moyenneurs (ceci est exigé pour un signal intermittent). Les filtres utilisés doivent être en conformité avec les exigences pour les instruments de classe 1 telles que spécifiées dans l'IEC 61260.

Pendant chaque série de mesures, un calibrateur acoustique d'une précision de classe 1 telle que spécifiée dans l'IEC 60942 doit être appliqué au microphone pour vérifier l'étalonnage de tout le système d'instrumentation.

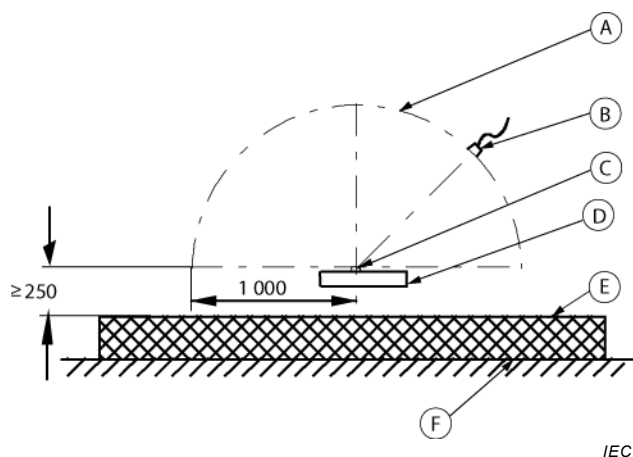
La surface de mesurage doit être un hémisphère de rayon $r = 1$ m avec dix positions de microphone. Le *module indicateur* (objet d'essai) doit être placé de façon telle que l'émetteur acoustique soit orienté vers le point 10. L'émetteur acoustique doit coïncider avec le centre du système de coordonnées de la surface hémisphérique de mesurage (voir la Figure 10a) et doit être localisé à au moins 250 mm au-dessus de la surface absorbante du plancher (par exemple, 250 mm au-dessus du matériau absorbant les sons lorsque les mesures sont réalisées dans une chambre semi-anéchoïque modifiée).

L'indication "relation de phase incorrecte" et/ou "relation de phase correcte" doit être provoquée en alimentant la ou les électrodes d'essai avec la relation de phase correspondante.

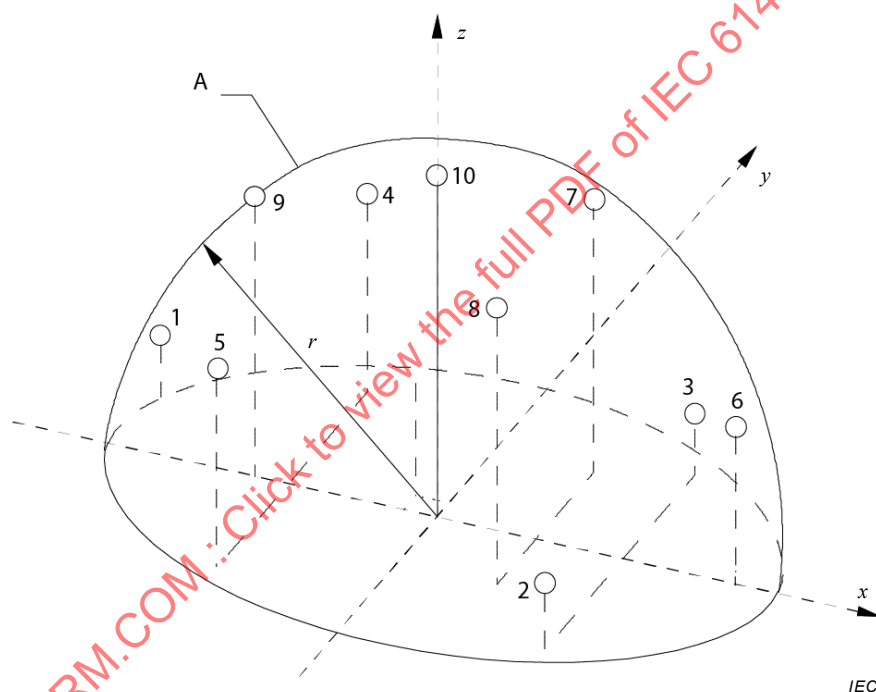
L'essai peut être réalisé en alimentant le *comparateur de phase* par tout autre moyen approprié si les mêmes résultats sont obtenus.

Le niveau de pression acoustique doit être mesuré dans la plage de fréquences de 1 000 Hz à 4 000 Hz, avec le réseau de niveaux pondérés A. Avant de procéder aux mesures, il doit être vérifié que l'objet d'essai rayonne de façon dominante dans cette plage de fréquences. Le niveau pondéré A de pression acoustique temporel moyen doit être mesuré, pour une émission acoustique intermittente ou continue, à chaque position de microphone (points 1 à 10 tels que décrits à la Figure 10b). Lorsque la différence entre le niveau de pression acoustique mesuré avec l'objet d'essai et le niveau du bruit de fond est comprise entre 6 dB et 15 dB, des corrections doivent être apportées aux valeurs mesurées, en accord avec le 8.2.3 de l'ISO 3744:2010. Les niveaux pondérés A de pression acoustique sont alors moyennés sur toute la surface de mesurage (points 1 à 10) selon le 8.2.2 de l'ISO 3744:2010.

Dimensions en millimètres



a) Disposition de l'objet d'essai dans le montage d'essai



Position du microphone	x/r	y/r	z/r	Position du microphone	x/r	y/r	z/r
1	-0,99	0	0,15	6	0,89	0	0,45
2	0,50	-0,86	0,15	7	-0,33	0,57	0,75
3	0,50	0,86	0,15	8	-0,66	0	0,75
4	-0,45	0,77	0,45	9	0,33	-0,57	0,75
5	-0,45	-0,77	0,45	10	0	0	1,0

b) Emplacement des points de mesure sur l'hémisphère

Légende

- | | | | |
|---|-----------------------------------|---|-----------------------------------|
| A | surface hémisphérique de mesurage | D | module indicateur (objet d'essai) |
| B | microphone | E | matériau absorbant |
| C | émetteur acoustique | F | plan de travail |

Figure 10 – Montage d'essai pour la mesure de la perceptibilité indiscutable de l'indication sonore pour les modules indicateur

L'essai doit être considéré comme satisfaisant si les valeurs de niveaux pondérés A de pression acoustique temporels moyens, à la fois pour le point 10 et pour la moyenne obtenue des points 1 à 10, sont égales ou dépassent:

- 58,5 dB pour un son continu;
- 55,5 dB pour un son intermittent.

5.2.6.2.3 Essai alternatif pour les comparateurs de phase issus de la production

L'essai alternatif consiste à comparer la perceptibilité de l'indication sonore d'un *comparateur de phase* issu de la production à celle d'un *comparateur de phase* qui a satisfait à l'essai de type conformément au 5.2.6.2.1 ou au 5.2.6.2.2 (*comparateur de phase* de référence). L'essai doit être considéré comme satisfaisant si les deux perceptibilités sont à peu près identiques.

5.2.7 Influence de la fréquence

5.2.7.1 Tolérance de la fréquence nominale

5.2.7.1.1 Essai de type

Les essais concernant l'*indication indiscutable* sont réalisés en utilisant le montage d'essai et la procédure d'essai du 5.2.1 et du 5.2.2

Pour un *comparateur de phase* avec une seule fréquence nominale, les essais doivent être réalisés à 99,8 % et 100,2 % de la fréquence nominale sur les deux électrodes boules.

Pour un *comparateur de phase* avec deux fréquences nominales, les essais doivent être réalisés à 99,8 % et 100,2 % de chaque fréquence nominale sur les deux électrodes d'essai boules.

L'essai doit être considéré comme satisfaisant si les sanctions du 5.2.2 sont satisfaites.

5.2.7.1.2 Moyen alternatif pour les comparateurs de phase issus de la production

Le fabricant doit prouver qu'il a suivi la même procédure documentée d'assemblage que pour le dispositif soumis à l'essai de type. Le fabricant doit documenter les composants qui affectent la performance vis-à-vis des variations de la fréquence nominale.

5.2.7.2 Glissement de la fréquence du comparateur de phase unipolaire

5.2.7.2.1 Essai de type

Le générateur de fréquence doit posséder les spécifications suivantes:

Lorsque la distribution de l'erreur de mesure est connue:

- résolution en fréquence: 0,25 mHz
- précision sur la mesure de la fréquence: $\pm 0,0005$ % (5 ppm)

NOTE 1 Cette spécification fait référence à l'exigence pour le glissement en fréquence de 1 mHz/s, avec un ratio de 4/1.

Lorsque la distribution de l'erreur de mesure est inconnue:

- résolution en fréquence: 0,1 mHz
- précision sur la mesure de la fréquence: $\pm 0,0002$ % (2 ppm)

NOTE 2 Cette spécification fait référence à l'exigence pour le glissement en fréquence de 1 mHz/s, avec un ratio de 10/1.

Durant le premier essai, la procédure d'essai des séries d'essais 1 et 2 du 5.2.2 qui s'appliquent doit être utilisée avec un glissement linéaire de la fréquence de 1 mHz/s, en commençant à la fréquence nominale, et pendant 5 s après l'apparition du signal "mémoire prête".

L'essai doit être considéré comme satisfaisant si l'indication "relation de phase incorrecte" n'apparaît pas ou si l'indication "relation de phase correcte" apparaît selon le type d'indication du *comparateur de phase*.

Durant le deuxième essai, la procédure d'essai des séries d'essais 3 et 4 du 5.2.2 qui s'appliquent doit être utilisée avec un glissement linéaire de la fréquence de 10 mHz/s, en commençant à la fréquence nominale, et pendant 5 s après l'apparition du signal "mémoire prête".

Durant le troisième essai, la procédure d'essai des séries d'essais 3 et 4 du 5.2.2 qui s'appliquent doit être utilisée avec un décalage linéaire de la fréquence de 10 mHz/s, en commençant à la fréquence nominale et pendant la *durée de maintien de la mémoire* établie par le fabricant.

Ces deux derniers essais doivent être considérés comme satisfaisants si l'indication "relation de phase incorrecte" ou "non disponible" apparaît.

L'essai peut être réalisé en alimentant le *comparateur de phase* par tout autre moyen approprié si les mêmes résultats sont obtenus.

5.2.7.2.2 Moyen alternatif pour les comparateurs de phase unipolaires issus de la production

Le fabricant doit prouver qu'il a suivi la même procédure documentée d'assemblage que pour le dispositif soumis à l'essai de type. Le fabricant doit documenter les composants qui affectent la performance au décalage de la fréquence.

5.2.8 Temps de réponse

5.2.8.1 Essai de type

Selon le type d'indication du *comparateur de phase*, deux tensions du tableau 4 (série d'essai 1 ou 3) doivent être appliquées aux électrodes d'essai boules B1 et B2 (voir Figure 3) afin d'obtenir une *indication indiscutable* de la relation de phase.

Les électrodes d'essai en anneau R1 et R2 doivent être mises à la terre.

Le *temps de réponse* d'un *comparateur de phase* bipolaire doit être mesuré après la mise en contact de la seconde perche de comparaison avec l'électrode B2. Pour un *comparateur de phase* unipolaire, il doit être déplacé de l'électrode d'essai B1 à l'électrode B2 après l'affichage de l'indication "mémoire prête".

L'essai doit être considéré comme satisfaisant si en moins de 1 s après la mise en contact de la perche de comparaison qui s'applique avec l'électrode B2, l'*indication indiscutable* appropriée apparaît. Dans le cas contraire, une indication claire qu'un traitement de données est toujours en cours doit apparaître avant d'indiquer le résultat de la relation de phase.

5.2.8.2 Moyen alternatif pour les comparateurs de phase issus de la production

Le fabricant doit prouver qu'il a suivi la même procédure documentée d'assemblage que pour le dispositif soumis à l'essai de type. Le fabricant doit documenter les composants qui affectent le *temps de réponse*.

5.2.9 Sûreté de fonctionnement de l'alimentation

5.2.9.1 Essai de type

L'essai doit être effectué pour un *comparateur de phase* à source d'alimentation incorporée uniquement.

Le *comparateur de phase* doit être connecté à une source de tension avec une tension d'essai et une différence de phase qui provoque l'indication "relation de phase incorrecte" ou "relation de phase correcte".

Le *comparateur de phase* doit être retiré de la source de tension et, après coupure automatique ou manuelle, il doit être remis en marche après 2 min. Ensuite, il doit être reconnecté à la source de tension.

Ces procédures doivent être répétées jusqu'à ce que

- soit une indication est donnée que le *comparateur de phase* n'est plus opérationnel,
- soit le *comparateur de phase* est mis automatiquement hors service pour cette raison.

L'essai doit être considéré comme satisfaisant si l'une des exigences mentionnées ci-dessus est satisfaite et si pendant chaque étape d'essai le *signal actif* attendu apparaît.

La durée d'essai peut être réduite en utilisant d'autres méthodes qui donnent le même résultat (ex: l'utilisation d'une alimentation incorporée qui a perdu de sa charge mais avec encore suffisamment d'énergie pour assurer un bon fonctionnement, ou l'utilisation d'une alimentation séparée).

5.2.9.2 Moyen alternatif pour les comparateurs de phase issus de la production

Le fabricant doit prouver qu'il a suivi la même procédure documentée d'assemblage que pour le dispositif soumis à l'essai de type. Le fabricant doit documenter les composants qui affectent la sécurité sur l'état de fonctionnement de l'alimentation.

5.2.10 Vérification du dispositif de contrôle

5.2.10.1 Essai de type

Le *dispositif de contrôle* est actionné selon les instructions d'emploi.

Un signal visuel et, le cas échéant, sonore doit apparaître conformément aux instructions d'emploi. Le *dispositif de contrôle* doit être activé trois fois et un signal doit apparaître chaque fois.

Le circuit électrique (et l'organigramme, lorsqu'un programme informatique est utilisé) doit être contrôlé pour vérifier que tous les circuits sont soumis à l'essai, sauf ceux mentionnés dans les instructions d'emploi.

5.2.10.2 Essai alternatif pour les comparateurs de phase issus de la production

La procédure d'essai du 5.2.10.1 doit être réalisée sauf pour le contrôle du circuit électrique.

5.2.11 Temps de fonctionnement du comparateur de phase unipolaire

5.2.11.1 Essai de type

Le *comparateur de phase* doit être connecté à une source de tension avec une tension d'essai de $1,2 U_n$ et une différence de phase qui provoque l'indication "relation de phase incorrecte" ou "relation de phase correcte". La tension d'essai doit être appliquée à l'*électrode*

de contact du *comparateur de phase* pendant le temps de fonctionnement maximal déclaré par le fabricant dans les instructions d'emploi.

L'essai doit être considéré comme satisfaisant si l'indication attendue est ininterrompue pendant toute la période d'essai.

5.2.11.2 Moyen alternatif pour les comparateurs de phase unipolaires issus de la production

Le fabricant doit prouver qu'il a suivi la même procédure documentée d'assemblage que pour le dispositif soumis à l'essai de type. Le fabricant doit documenter les composants qui affectent le temps de fonctionnement.

5.2.12 Temps de fonctionnement du comparateur de phase bipolaire avec liaison sans fil

5.2.12.1 Essai de type

Dans le cas d'un *comparateur de phase* avec une *tension nominale* inférieure ou égale à 123 kV, la tension d'essai doit être de $1,2 U_n$. Dans le cas d'un *comparateur de phase* avec une *tension nominale* supérieure à 123 kV, la tension d'essai doit être de $1,2 U_n / \sqrt{3}$ mais doit être supérieure à 148 kV ($\approx 1,2$ fois 123 kV).

Le *comparateur de phase* doit être connecté à une source de tension avec une tension d'essai définie ci-dessus et une différence de phase qui provoque l'indication "relation de phase incorrecte" ou "relation de phase correcte". La tension d'essai doit être appliquée aux *électrodes de contact* du *comparateur de phase* pendant le temps de fonctionnement maximal déclaré par le fabricant dans les instructions d'emploi.

L'essai doit être considéré comme satisfaisant si la communication entre les différentes unités ainsi que l'indication attendue sont ininterrompues pendant toute la période d'essai.

5.2.12.2 Moyen alternatif pour les comparateurs de phase bipolaires avec liaison sans fil issus de la production

Le fabricant doit prouver qu'il a suivi la même procédure documentée d'assemblage que pour le dispositif soumis à l'essai de type. Le fabricant doit documenter les composants qui affectent le temps de fonctionnement.

5.3 Essais diélectriques

5.3.1 Matériaux isolants des tubes et des tiges

5.3.1.1 Essai de type

Ces essais doivent être réalisés pour les tubes et les tiges qui ne sont pas couverts par l'IEC 60855-1 ou l'IEC 61235.

Les parties isolantes de longueur comprise entre 60 mm et 200 mm doivent être soumises à l'essai sur toute leur longueur. Pour les longueurs plus importantes, des éprouvettes de 200 mm doivent être fabriquées. Les extrémités des éprouvettes ne doivent pas être obturées pour l'essai.

Une bande d'approximativement 0,5 mm d'épaisseur et de 10 mm de largeur doit être enlevée sur toute la longueur de l'axe de chaque éprouvette. L'éprouvette doit être plongée dans de l'eau ayant une résistivité de 100 $\Omega \cdot m$ au maximum à une température de $40^\circ C \pm 2 K$ pendant 96 h.

À la fin de cette période, l'eau adhérente doit être essuyée. Une électrode-ruban de 20 mm de largeur en matériau conducteur doit être immédiatement appliquée sur la surface extérieure, aux deux extrémités de l'éprouvette. Après une période de séchage de $15 \text{ min} \pm 1 \text{ min}$, dans une salle à une température de $23^\circ\text{C} \pm 3 \text{ K}$, une tension d'essai de 1 kV/cm doit être appliquée pendant 5 min.

L'essai doit être considéré comme satisfaisant si à aucun moment le courant n'est supérieur à 50 μA efficace pendant les 4 dernières min.

Après avoir enlevé les éprouvettes, le courant traversant le montage d'essai ne doit pas dépasser 10 μA efficace avec application de la tension d'essai.

5.3.1.2 Moyen ou essai alternatif pour les comparateurs de phase issus de la production

(A l'étude)

5.3.2 Protection contre le contournement pour un comparateur de phase de type intérieur/extérieur

5.3.2.1 Généralités

Chacune des perches de comparaison d'un *comparateur de phase* doit être soumise aux essais.

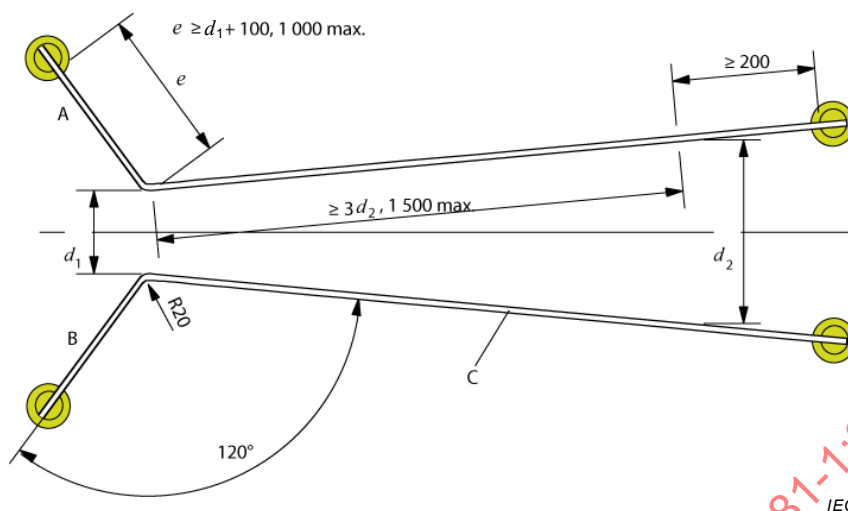
L'essai concerne la partie d'une perche de comparaison du *comparateur de phase* située entre la *marque limite* et l'extrémité de l'*électrode de contact*. Lorsqu'il n'y a pas de *marque limite* dans le cas d'un *comparateur de phase* en dispositif séparé, l'extrémité de l'*embout* doit être considérée comme la *marque limite* (Figure 1).

Le montage d'essai utilisé pour la *protection contre le contournement* est donné à la Figure 11 alors que le type d'essai est indiqué dans le Tableau 6.

Tableau 6 – Montage d'essai et type d'essai

	$A_1 + 200 \text{ mm} > d_1$	$A_1 + 200 \text{ mm} \leq d_1$
Type d'essai	Contrainte longitudinale et contrainte longitudinale et transversale	Contrainte longitudinale

Dimensions en millimètres

**Légende**

- A barre A
- B barre B
- C profil de la barre, par exemple cuivre ou acier
- e longueur de la partie courte d'une barre

Le profil de la barre doit avoir 60 mm × 10 mm et les coins doivent être arrondis à un rayon de 1 mm. Les extrémités de la barre doivent avoir la même courbure.

Figure 11 – Assemblages d'essai et dimensions des barres pour la protection contre le contournement

La distance d_1 entre les barres A et B doit être fixée conformément au Tableau 7. La distance d_2 de la Figure 11 doit être calculée comme suit:

$$d_2 = A_i + d_1 + 200 \text{ (toutes les dimensions sont en mm)}$$

où A_i est la profondeur d'insertion (voir Figure 1).

La tension d'essai doit être de $1,2 U_r$ dans le cas d'un *comparateur de phase* ayant une *tension nominale* inférieure ou égale à 123 kV.

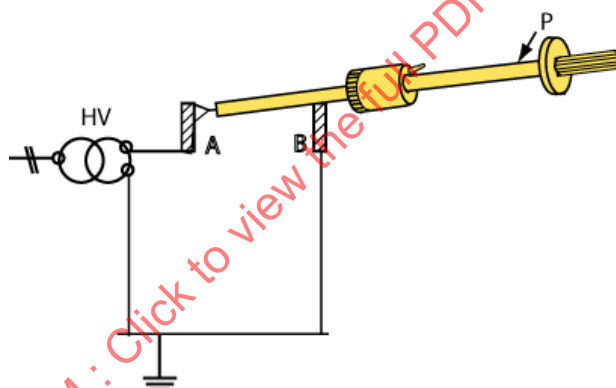
La tension d'essai doit être de $1,2 U_r / \sqrt{3}$ mais doit être supérieure à 148 kV ($\approx 1,2$ fois 123 kV) dans le cas d'un *comparateur de phase* ayant une *tension nominale* supérieure à 123 kV.

Les essais de contournement doivent être effectués dans les limites de la plage de tensions du *comparateur de phase* pour chaque distance d_1 à la plus haute tension de chaque plage donnée au Tableau 7.

Tableau 7 – Distance d_1 pour le montage d'essai de contournement

U_n kV	d_1 mm	
	Intérieur	Extérieur
$U_n \leq 7,2$	50	150
$7,2 < U_n \leq 12$	60	150
$12 < U_n \leq 17,5$	85	180
$17,5 < U_n \leq 24$	115	215
$24 < U_n \leq 36$	180	325
$36 < U_n \leq 52$	240	520
$52 < U_n \leq 72,5$	330	700
$72,5 < U_n \leq 123$	650	1 100
$123 < U_n \leq 145$	1 100	1 100
$145 < U_n \leq 170$	1 350	1 350
$170 < U_n \leq 245$	1 850	1 850

Les barres doivent être raccordées électriquement comme indiqué à la Figure 12. La distance au sol des barres doit être au moins d_1 .



IEC

Légende

- A barre A
- B barre B
- P perche de comparaison du *comparateur de phase*

Figure 12 – Raccordement électrique des barres

5.3.2.2 Essai de contrainte longitudinale

L'extrémité de l'*électrode de contact* de la perche de comparaison soumise à l'essai doit être placée sur la barre A à l'écartement étroit d_1 (Figure 11) et la perche de comparaison du *comparateur de phase* doit être posée sur la barre B pendant 1 min. La perche de comparaison du *comparateur de phase* demeurant positionnée à l'écartement étroit est tournée et poussée en direction de la barre A jusqu'à ce que la *marque limite* plus 200 mm atteigne la barre A (Figure 13).

L'essai doit être considéré comme satisfaisant s'il ne se produit ni amorçage ni claquage.