

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**High-voltage switchgear and controlgear –
Part 215: Phase comparator used with VDIS**

**Appareillage à haute tension –
Partie 215: Comparateur de phase utilisé avec un VDIS**

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62271-215:2021



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2021 IEC, Geneva, Switzerland

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

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

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

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

About the IEC

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

About IEC publications

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

IEC publications search - webstore.iec.ch/advsearchform

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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

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

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

IEC online collection - oc.iec.ch

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

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary on electrotechnology, containing more than 22 000 terminological entries in English and French, with equivalent terms in 18 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

A propos de l'IEC

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

A propos des publications IEC

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

Recherche de publications IEC -

webstore.iec.ch/advsearchform

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

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

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

IEC online collection - oc.iec.ch

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

Electropedia - www.electropedia.org

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

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**High-voltage switchgear and controlgear –
Part 215: Phase comparator used with VDIS**

**Appareillage à haute tension –
Partie 215: Comparateur de phase utilisé avec un VDIS**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 13.260; 29.130.10; 29.240.20

ISBN 978-2-8322-9892-3

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

CONTENTS

FOREWORD.....	6
INTRODUCTION.....	8
1 Scope.....	9
2 Normative references	9
3 Terms and definitions	10
4 Normal and special service conditions	13
4.1 Normal service conditions	13
4.2 Special service conditions.....	13
5 Ratings.....	13
6 Design and construction	13
6.1 General.....	13
6.2 Parts of <i>phase comparator</i>	13
6.3 <i>Phase comparator</i> description.....	14
6.3.1 General	14
6.3.2 <i>Phase comparator</i> for simultaneous connected operation	14
6.3.3 <i>Phase comparator</i> for sequential connected operation.....	15
6.4 Connection to <i>VDIS</i>	15
6.5 Indication and perceptibility	16
6.5.1 General	16
6.5.2 <i>Phase comparator</i> providing only one <i>active signal</i>	17
6.5.3 <i>Phase comparator</i> providing two or more <i>active signals</i>	17
6.5.4 Indication of <i>phase comparator</i> with built-in power supply.....	17
6.5.5 Indication of sequential <i>phase comparators</i>	17
6.5.6 <i>Response time</i> of indication.....	17
6.5.7 Perceptibility.....	18
6.6 <i>Phase comparator</i> with built-in power supply	18
6.7 <i>Testing element</i>	18
6.8 Additional functions.....	18
6.9 <i>Probes</i>	18
6.10 Settings.....	19
6.11 Tolerance of rated frequency	20
6.12 Frequency shift of <i>phase comparators</i> with sequential operation.....	20
6.13 Degree of protection (IP code)	20
6.14 Climatic requirements	20
6.14.1 General	20
6.14.2 Temperature.....	20
6.14.3 Composite temperature/humidity	20
6.15 Mechanical requirements	20
6.15.1 General	20
6.15.2 Assembly.....	20
6.15.3 Vibrations	20
6.15.4 Mechanical impact (IK code).....	21
6.15.5 Fall.....	21
6.16 Electromagnetic compatibility.....	21
6.16.1 General	21
6.16.2 Electrostatic discharge	21

6.16.3	Immunity against radiated electromagnetic fields	21
6.17	Dielectric strength	21
6.17.1	General	21
6.17.2	Lightning impulse withstand voltage	21
6.17.3	Power-frequency withstand voltage	21
6.17.4	Insulation withstand voltage	22
6.18	Marking	22
7	Type tests	22
7.1	General	22
7.1.1	Information to be included in the <i>type test</i> report	22
7.1.2	Test conditions	22
7.1.3	List of tests	23
7.2	Test values	24
7.3	Inspection	24
7.4	Dielectric tests	24
7.4.1	General	24
7.4.2	Lightning impulse voltage test	24
7.4.3	Power-frequency voltage test	25
7.4.4	Voltage withstand test of the <i>phase comparator</i>	25
7.5	Indication and perceptibility	25
7.5.1	Test set-up and procedure for clear indication	25
7.5.2	Test for correct phase relationship	26
7.5.3	Test for incorrect phase relationship	27
7.5.4	Absence of voltage on one <i>VDIS</i>	27
7.5.5	Absence of voltage on both <i>VDIS</i>	27
7.5.6	Test of impedance of the <i>phase comparator</i>	27
7.6	Test for maximum phase rotation	28
7.6.1	Test set-up for maximum phase rotation with capacitive coupling element	28
7.6.2	Test set-up for maximum phase rotation with resistive coupling element	28
7.6.3	Test result for maximum phase rotation	29
7.7	Tolerance of rated frequency	29
7.7.1	Test set-up	29
7.7.2	Test procedure	30
7.8	Frequency shift for sequential operation <i>phase comparator</i>	30
7.8.1	Test set-up	30
7.8.2	Test procedure	30
7.9	<i>Response time</i>	30
7.9.1	Test set-up	30
7.9.2	Procedure	31
7.10	Clear perceptibility of visual indication	31
7.10.1	General	31
7.10.2	Test set-up	31
7.10.3	Procedure	32
7.11	Test for frequency selection (where relevant)	32
7.12	Temperature dependence of indication	32
7.13	Composite temperature/humidity cyclic test	33
7.14	Degree of protection (IP code)	33
7.15	Vibrations	33

7.16	Mechanical impact (IK code)	33
7.17	Fall	33
7.18	Electrostatic discharge	33
7.19	Radiated electromagnetic fields	34
7.20	<i>Phase comparator</i> when built-in power supply is exhausted	34
7.20.1	Preparation	34
7.20.2	Operation	34
7.21	Efficiency of <i>testing element</i>	34
7.21.1	Preparation	34
7.21.2	Operation	34
7.22	Durability of marking	35
8	<i>Routine tests</i>	35
9	Guide to the selection of <i>phase comparator</i> (informative)	35
10	Information to be given with enquiries, tenders and orders (informative)	35
10.1	General	35
10.2	Information with enquiries and orders	35
10.3	Information with tenders	36
11	Transport, storage, installation, operation, maintenance and instructions for use	36
11.1	General	36
11.2	Instructions for use	36
11.3	Maintenance	37
11.3.1	General	37
11.3.2	Maintenance period	37
11.3.3	Maintenance by testing	37
12	Safety	37
13	Influence of the <i>phase comparator</i> on the environment	37
Annex A	(informative) Example of design	38
A.1	General	38
A.2	Wireless connection	38
Annex B	(informative) Example of use	39
Bibliography		40
Figure 1	– Example of typical structure of simultaneous operating <i>phase comparator</i>	14
Figure 2	– Simultaneous connected operation with two earth connections	14
Figure 3	– Simultaneous connected operation with one earth connection	15
Figure 4	– Example of typical structure of sequential operating <i>phase comparator</i>	15
Figure 5	– Sequential connected operation	15
Figure 6	– Classes of <i>phase comparators</i> with only positive angle values shown	16
Figure 7	– <i>Plug</i> size and design without insulation shield	19
Figure 8	– <i>Plug</i> size and design with insulation shield	19
Figure 9	– Connection of test set-up for clear indication	26
Figure 10	– Connection of test set-up for clear indication for sequential operation	26
Figure 11	– Connection of test set-up for phase rotation	28
Figure 12	– Connection of test set-up for phase rotation for sequential operation	28
Figure 13	– Connection of test set-up for phase rotation	29
Figure 14	– Connection of test set-up for phase rotation for sequential operation	29

Figure 15 – Test set-up for perceptibility of visual indication	32
Figure A.1 – <i>Phase comparator</i> with a wireless connection	38
Table 1 – Sequence of <i>type tests</i>	23
Table 2 – List of <i>type tests</i> without sequence	24
Table 3 – List of <i>routine tests</i>	35
Table B.1 – Results and conclusions of a cable checking	39

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62271-215:2021

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

HIGH-VOLTAGE SWITCHGEAR AND CONTROLGEAR –

Part 215: Phase comparator used with VDIS

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 62271-215 has been prepared by sub-committee SC17C: Assemblies, of IEC technical committee 17: High-voltage switchgear and controlgear in liaison with IEC TC 78: Live working.

This first edition cancels and replaces the first edition of IEC 61243-5 published in 1997 and the first edition of IEC 62271-206 published in 2011. This edition constitutes a merging of the content of IEC 61243-5 and IEC 62271-206.

This edition includes the following significant technical changes with respect to the previous editions of IEC 61243-5 and IEC 62271-206:

- a) the document does not include the specific *phase comparators* (SPCs) as defined in IEC 61243-5, which was specific to manufacturers, and takes back the technical principles of the universal phase comparator (UPC) for VDIS of all manufacturers;
- b) the phase comparator for sequential connected operation is introduced to facilitate the operation of phase comparison of large MV panels.

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

FDIS	Report on voting
17C/788/FDIS	17C/795/RVD

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

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

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

This International Standard is to be used in conjunction with IEC 62271-13:2021.

In this document, the following print types are used:

- Terms defined in Clause 3: *in italic type*.

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

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

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

IMPORTANT – The "colour inside" logo on the cover page of this document 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.

INTRODUCTION

This part of IEC 62271 has been prepared based on IEC 62271-1 and is linked to IEC 62271-213 for its functionality.

The products designed and manufactured in accordance with this document contribute to the safety of the users, provided they are used by skilled or instructed persons, in accordance with safe methods of work and the instructions for use.

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

The principle of phase comparison is compatible with the one developed by IEC TC 78 in the standard IEC 61481-1.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62271-215:2021

HIGH-VOLTAGE SWITCHGEAR AND CONTROLGEAR –

Part 215: Phase comparator used with VDIS

1 Scope

This part of IEC 62271 is applicable to *phase comparators* designed to be plugged into the *testing points* of a *voltage detecting and indicating system (VDIS)* according to IEC 62271-213, to give an indication of the result of a phase comparison.

The main usage is to provide clear evidence of the phase relationship between two energized parts of a high-voltage network, at the same *nominal voltage* and frequency before coupling them.

This document or parts of the document can also be applied to the phase comparison function of other devices connected to the *VDIS* upon agreement between manufacturer and user.

This document does not cover *phase comparators* to be used directly on bare parts of live electrical installation at the *nominal voltage* of the networks. These *phase comparators* are covered by IEC 61481-1 and IEC 61481-2.

2 Normative references

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

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

IEC 60068-2-1:2007, *Environmental testing – Part 2-1: Tests – Test A: Cold*

IEC 60068-2-2:2007, *Environmental testing – Part 2-2: Tests – Test B: Dry heat*

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

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

IEC 60068-2-38, *Environmental testing – Part 2-38: Tests – Test Z/AD: Composite temperature/humidity cyclic test*

IEC 60417, *Graphical symbols for use on equipment*

IEC 60529, *Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)*

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

IEC 62262, *degrees of protection provided by enclosures for electrical equipment against external mechanical impacts (IK code)*

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

IEC 62271-213, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 213: Voltage detecting and indicating system*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the following terms, definitions and symbols apply.

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

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

3.1

active signal

visual (optionally audible) phenomenon, whose presence, absence or variation is considered as representing a specific state, for example the phase comparison result

3.2

equipment

single apparatus or set of devices or apparatuses, or the set of main devices of an installation, or all devices necessary to perform a specific task

[SOURCE: IEC 60050-151:2001 [1]¹, 151-11-25, modified – the Note is removed.]

3.3

front

part of *VDIS* accessible during functional operation

[SOURCE: IEC 62271-213:2021, 3.9]

3.4

indicator

part of the *phase comparator* which indicates the phase comparison result

3.5

input impedance

X_c

impedance of the input circuit measured between the input terminals of the *phase comparator* under *normal operating conditions*

Note 1 to entry: The impedance can be expressed in terms of admittance.

Note 2 to entry: The impedance can be either linear or non-linear.

¹ Numbers in square brackets refer to the Bibliography.

[SOURCE: IEC 60050-312:2001, 312-06-18 modified – Note 2 is removed and Note 3 is simplified and becomes Note 2 to entry, and the symbol " X_c " has been added.]

3.6

maintenance test

test carried out periodically on an item to verify that its performance remains within specified limits, after having made certain adjustments, if necessary

[SOURCE: IEC 60050-151:2001 [1], 151-16-25]

3.7

measuring voltage

value of the voltage measured at the *testing point* or the *connecting point* if it exists

[SOURCE: IEC 62271-213, 3.16]

3.8

memory holding time

Δt

maximum available time of the sequential operation *phase comparator* 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

[SOURCE: IEC 61481-1:2014, 3.20, modified – " Δt " added; "for a single-pole phase comparator" removed; "of the sequential operation phase comparator" added.]

3.9

nominal voltage

U_n

value of the voltage by which the electrical installation or part of the electrical installation is designated and identified

[SOURCE: IEC 60050-826:2004 [7], 826-11-01]

3.10

normal operating condition

operating condition that represents as closely as possible the range of normal use that can reasonably be expected

[SOURCE IEC 60050-903:2014 [8], 903-01-21]

3.11

phase comparator

diagnostic 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 [6], 651-24-03]

3.12

plug

accessory having pins designed to engage with the contacts of a socket-outlet, also incorporating means for the electrical connection and mechanical retention of flexible cables or cords

[SOURCE IEC 60050-442:1998 [4], 442-03-01]

3.13**probe**

input device of a measuring instrument, generally made as a separate unit and connected to it by means of flexible cable, which transmit the measurand in a suitable form.

[SOURCE: IEC 60050-313:2001 [3], 313-09-11]

3.14**rated value**

value of a quantity used for specification purposes, established for a specified set of operating conditions of a component, device, *equipment* or system

[SOURCE: IEC 60050-151:2001 [1], 151-16-08]

3.15**response time**

delay between the time when the *phase comparator* makes contact with the second part to be compared and the relevant indication of the result of a phase comparison

3.16**routine test**

conformity test made on each individual item during or after manufacture

[SOURCE: IEC 60050-151:2001 [1], 151-16-17]

3.17**socket outlet**

accessory having socket-contacts designed to engage with the pins of a *plug* and having terminals for the connection of cables or cords

[SOURCE IEC 60050-442:1998 [4], 442-03-02]

3.18**testing element**

built-in or external device or procedure, by means of which the functioning of the *indicator* can be checked by the user

3.19**testing point**

front accessible socket outlet of a *VDIS*, which provides access to the signal

[SOURCE: IEC 62271-213:2021, 3.29]

3.20**threshold parameter** **φ_p**

phase angle φ_p between two *VDIS testing points* voltage signals which causes a change of the result of the phase comparison

3.21**type test**

conformity test made on one or more items representative of the production

[SOURCE: IEC 60050-151:2001 [1], 151-16-16]

3.22

voltage detecting and indicating system

VDIS

device used to detect and indicate the presence or absence of operating voltage and to deliver a signal for other functions

Note 1 to entry: The other functions can be for example phase comparison or voltage measurement.

[SOURCE: IEC 62271-213:2021, 3.32]

4 Normal and special service conditions

4.1 Normal service conditions

Unless otherwise specified, the *phase comparator* is intended to be used in accordance with its rated characteristics and the normal service conditions listed hereafter.

Operation under normal service conditions is covered by the *type tests* in accordance with this document.

The normal service conditions are as follows:

- a) the ambient air temperature is between -25 °C and +40 °C;
- b) there is no influence from solar radiation;
- c) the altitude does not exceed 1 000 m;
- d) the average value of the relative humidity, measured over a period of 24 h, does not exceed 95 %.

4.2 Special service conditions

Special environmental conditions should be defined by agreement between the end user and the manufacturer of the *phase comparator*.

5 Ratings

The following rating of the *phase comparator* shall be in accordance with the common ratings of the *VDIS* to which it is connected:

- the preferred *rated values* of the frequency of the *phase comparator* are 16,7 Hz, 25 Hz, 50 Hz, 60 Hz.

6 Design and construction

6.1 General

The *phase comparator* is a portable device that shall be plugged into two *VDIS testing points* to perform the phase comparison.

The *phase comparator* shall be designed and constructed according to the following requirements:

6.2 Parts of *phase comparator*

A *phase comparator* shall include:

- an *indicator*;
- *probes*;

- a built-in power source (optional);
- a *testing element*, if a built-in power source is present.

A *phase comparator* may include additional functions according to 6.8.

6.3 Phase comparator description

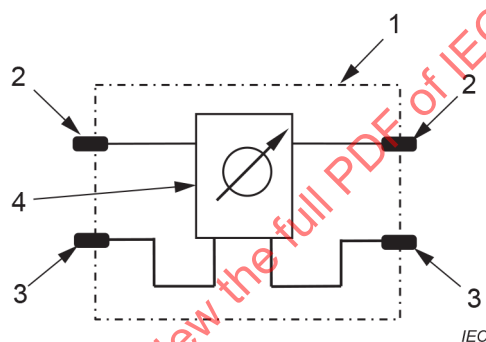
6.3.1 General

Phase comparators are classified into two types of operation:

- simultaneous connected operation, by which the *phase comparator* is connected to two *VDIS* at the same time;
- sequential connected operation, by which the *phase comparator* is connected to one *VDIS* first, disconnected, and then connected to the other *VDIS*.

6.3.2 Phase comparator for simultaneous connected operation

The typical generic structure is described in the following Figure 1 for simultaneous operation.



Key

- 1 *Phase comparator*
- 2 *Input signal plugs*
- 3 *Earth signals plugs*
- 4 *Indicator*

Figure 1 – Example of typical structure of simultaneous operating *phase comparator*

Figure 2 and Figure 3 show two examples of a *phase comparator* used with two earth connections and one earth connection, respectively.

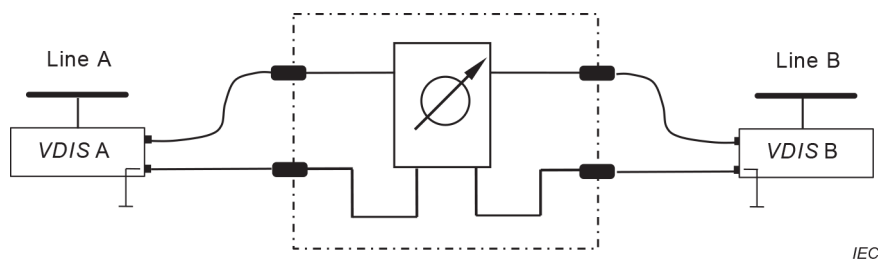


Figure 2 – Simultaneous connected operation with two earth connections

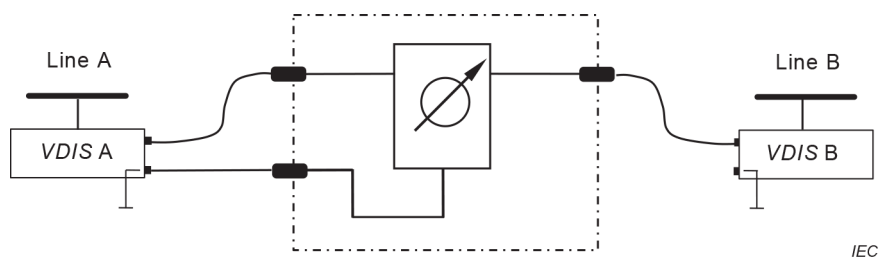
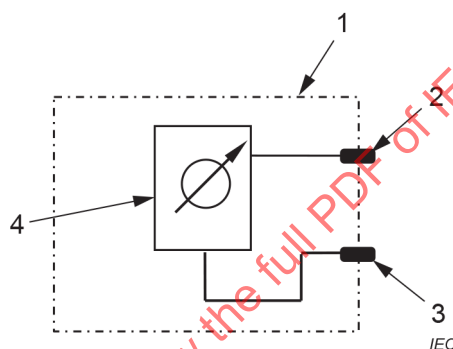


Figure 3 – Simultaneous connected operation with one earth connection

An example of design of a simultaneous operating *phase comparator* is show in Annex A.

6.3.3 *Phase comparator* for sequential connected operation

Figure 4 shows a sequential connected system with one set of *plugs*.



Key

- 1 *Phase comparator*
- 2 Input signal *plugs*
- 3 Earth signal *plugs*
- 4 *Indicator*

Figure 4 – Example of typical structure of sequential operating *phase comparator*

Figure 5 shows one example of a *phase comparator* used in sequential operation.

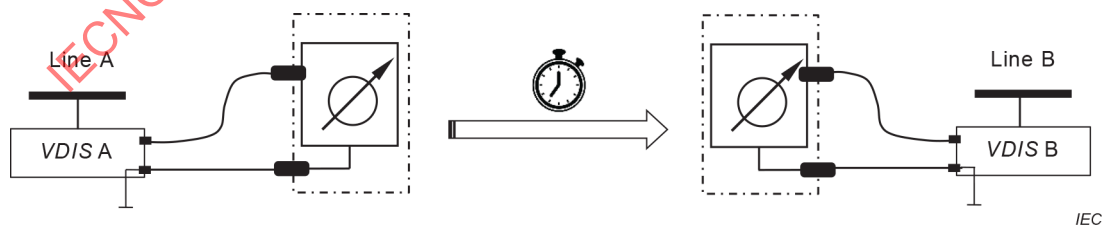


Figure 5 – Sequential connected operation

6.4 Connection to VDIS

The *phase comparator* shall comply with the requirements of the *VDIS testing points* conditions in accordance with IEC 62271-213:2021, 6.7.

The maximum *measuring voltage* can be 60 V AC at the *testing points* of VDIS.

The *phase comparator* shall be able to compare the signals of two different *VDIS* having different output signal capabilities, but the same type of coupling system (capacitive or resistive). A *phase comparator* capable of comparing phases of different coupling systems is possible.

The result of the phase comparison of a *phase comparator* shall be independent of the amplitudes of the single *measuring voltage* of *VDIS*.

6.5 Indication and perceptibility

6.5.1 General

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

The indication shall be visual. There may be an audible indication as well.

The *phase comparator* shall indicate "correct phase relationship" between two compared *VDIS* voltage signals when absolute angle difference is lower than 10° .

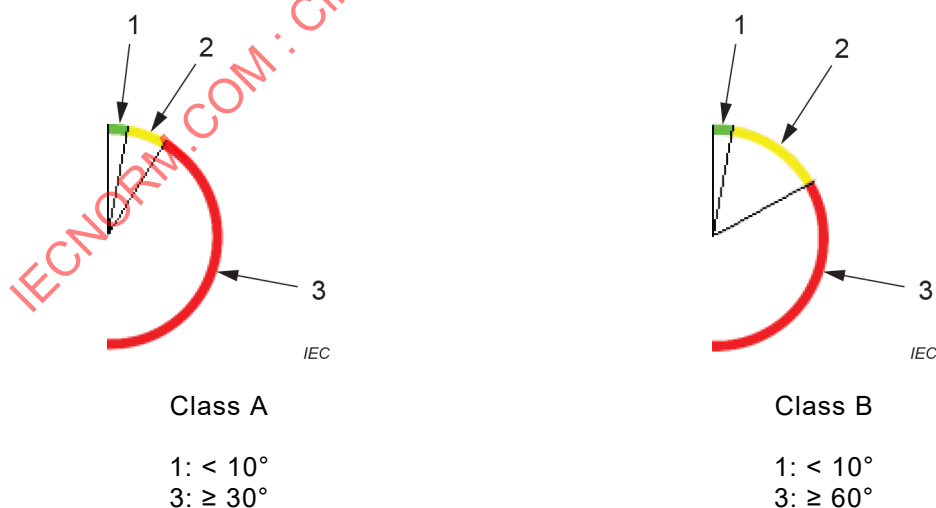
The *phase comparator* shall indicate "incorrect phase relationship" between two compared *VDIS* voltage signals when absolute angle difference is equal or greater than 30° or 60° according to the classes below.

The *threshold parameter* φ_p shall be between the limits given above.

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

- Class A: $10^\circ < |\varphi_p| \leq 30^\circ$
- Class B: $10^\circ < |\varphi_p| \leq 60^\circ$

Figure 6 visualizes the limits of Class A and Class B.



Key:

- 1 Correct phase relationship
- 2 Zone of threshold parameter φ_p
- 3 Incorrect phase relationship

Figure 6 – Classes of *phase comparators* with only positive angle values shown

For *measuring voltages* less than $U_{t\min}$ in accordance with IEC 62271-213:2021, 6.7.3, no indication shall appear.

A *phase comparator* shall indicate the result of the phase comparison without being unduly influenced by the difference of the values of the *VDIS* coupling systems.

6.5.2 Phase comparator providing only one active signal

A *phase comparator* with one *active signal* shall indicate "incorrect phase relationship" by means of an *active signal*.

For a *phase comparator* providing only one *active signal*, a *measuring voltage* less than $U_{t\min}$, in accordance with IEC 62271-213:2021, 6.9.2, on one side, shall lead to the indication "incorrect phase relationship".

An example of cable checking operation is shown in Annex B with a *phase comparator* with one *active signal*, and no built-in power supply.

6.5.3 Phase comparator providing two or more active signals

A *phase comparator* with two or more *active signals* shall indicate "correct phase relationship" and "incorrect phase relationship" by means of two or more *active signals*.

For a *phase comparator* providing two or more *active signals*, a *measuring voltage* less than $U_{t\min}$, in accordance with IEC 62271-213:2021, 6.9.2, on one side, shall result in either no indication or a specific *active signal*.

6.5.4 Indication of phase comparator with built-in power supply

A *phase comparator* with built-in power supply shall indicate both states "correct phase relationship" and "incorrect phase relationship" by means of two *active signals* until the power source is exhausted.

The two *active signals* shall not rely solely on different colours. Additional characteristics shall be used, for example: spatial separation, distinctive form of light signals, flashing light or audible signals.

An *active signal* shall indicate that the device is ready to operate.

6.5.5 Indication of sequential phase comparators

A *phase comparator* with sequential operation shall clearly indicate readiness to disconnect from the first *VDIS*. Once disconnected, the *phase comparator* shall also clearly indicate readiness to connect to the second *VDIS* by means of at least one additional *active signal*.

The readiness to connect to the second *VDIS* shall have a *memory holding time* of at least 5 s.

The indication of readiness shall be different from the *active signals* of the result of the phase comparison.

6.5.6 Response time of indication

The *phase comparator* shall indicate the result of phase comparison within 1 s.

6.5.7 Perceptibility

The indication shall be clearly perceptible to the user when in the recommended operating position and under practical lighting conditions.

The perceptibility of the visual indication shall be effective either in indoor or outdoor lighting conditions, with a lighting condition of minimum 10 lux $\pm$ 10 % and of maximum 1 000 lux $\pm$ 10 %.

6.6 Phase comparator with built-in power supply

A *phase comparator* with a built-in power supply shall give an additional indication of non-readiness or automatically shut off when the power supply is exhausted.

6.7 Testing element

A *phase comparator* with built-in power source shall be equipped with a *testing element*.

For a *phase comparator* without a built-in power supply, an adequate testing device or a procedure for a functioning test, at least checking the indication, shall be provided by the manufacturer.

The *testing element* shall test the components influencing the indication, including *probes* if applicable, with regard to their correct functioning, and shall clearly indicate their readiness for use, including that of the power supply.

When some components cannot be tested, the corresponding limitation shall be clearly stated in the instructions for use.

In case of fault detected by the *testing element*, the *phase comparator* shall not indicate "correct phase relationship" or "incorrect phase relationship" and may provide additional indications like "test failed" or "error".

6.8 Additional functions

Other functions included as options in a *phase comparator* unit are not part of this document. They shall not modify the functioning of the *phase comparator* itself and/or the basic functions of the *VDIS* to which they are connected. As an example, some of these functions are:

- voltage detection and indication in accordance with IEC 62271-213;
- *maintenance test* of *VDIS* in accordance with IEC 62271-213;
- phase sequence indication;
- measurement display;
- communication;
- other functions.

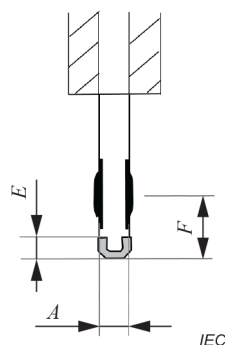
6.9 Probes

The *probes* shall be designed and guided to resist the forces occurring when used as intended.

If the *probes* incorporate flexible cables their ends shall be protected against buckling.

Probes directly fixed to the phase comparator casing shall respect identical requirements and dimensions than those fixed to cables.

The *probes* shall be provided with suitable *plugs* as follows (see Figure 7 and Figure 8):



Male *plug* to be accepted by *testing points* (indicating or other devices)

Key:

Plug:

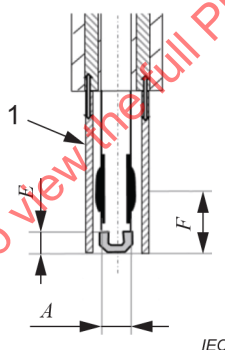
$A = 3,90 \text{ mm} \pm 0,05 \text{ mm}$ (compressed)

$F \leq 12 \text{ mm}$

$2,6 \text{ mm} \leq E \leq 6 \text{ mm}$ (optional)

Figure 7 – *Plug* size and design without insulation shield

If the *plug* is provided with an insulation shield, it shall be retractable.



Male *plug* to be accepted by *testing points* (indicating or other devices) with retractable insulation shield

Key:

Plug:

$A = 3,90 \text{ mm} \pm 0,05 \text{ mm}$ (compressed)

$F \leq 12 \text{ mm}$

$2,6 \text{ mm} \leq E \leq 6 \text{ mm}$ (optional)

1: retractable insulation shield

Figure 8 – *Plug* size and design with insulation shield

6.10 Settings

The user shall not have access to the settings which influence the result of the phase comparison.

The only exception would be the use of a selector for frequencies, but for each position of the selector, the user shall not have access to any settings.

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

6.11 Tolerance of rated frequency

The *phase comparator* shall operate correctly at all rated frequencies it is designed for, with a tolerance of $\pm 0,2$ % for each rated frequency.

6.12 Frequency shift of *phase comparators* with sequential operation

Phase comparison 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 sequential *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.

6.13 Degree of protection (IP code)

When connected to the *VDIS*, the *phase comparator* shall provide at least an IP2X degree of protection in accordance with IEC 60529 for the enclosure and IP2X for the *plugs* and *probes*.

6.14 Climatic requirements

6.14.1 General

The *phase comparator* shall comply with the following climatic requirements:

6.14.2 Temperature

The *phase comparator* shall operate properly in the range of $-25\text{ °C} \leq T \leq +40\text{ °C}$.

6.14.3 Composite temperature/humidity

The *phase comparator* shall pass the tests specified in 7.13 with the following requirements:

- low temperature: -10 °C ;
- high temperature: $+40\text{ °C}$;
- relative humidity: 93 %;
- cycle time: 24 h;
- number of cycles: 21.

6.15 Mechanical requirements

6.15.1 General

The *phase comparator* shall comply with the following mechanical requirements:

6.15.2 Assembly

Connections shall be made in such a manner that they cannot separate unintentionally, become detached, or change their position. The contact points shall be protected against corrosion.

6.15.3 Vibrations

The *phase comparator* shall pass the tests specified in 7.15 with the following requirements:

- frequency sweep: 10 Hz to 150 Hz (sinusoidal);
- amplitude sweep: $\pm 0,15$ mm constant amplitude in the range of 10 Hz to 58 Hz;
- acceleration sweep: 2,0 g constant acceleration in the range of 58 Hz to 150 Hz;
- sweep time: 1 octave/min;

- dwell time: 2 h (each direction);
- orientation: all directions (x / y / z axis);
- number of cycles: 1.

6.15.4 Mechanical impact (IK code)

The *phase comparator* shall comply with a protection level of IK07, as defined by IEC 62262.

6.15.5 Fall

The *phase comparator* shall withstand a fall of 1 m.

The fall shall be executed for each of the three axes.

6.16 Electromagnetic compatibility

6.16.1 General

The *phase comparator* shall function without undue degradation in an electromagnetic environment typical for the locations where it is intended to be operated.

6.16.2 Electrostatic discharge

The *phase comparator* shall be electrostatic discharge resistant. It shall pass the tests specified in 7.18 with the following test level and resulting classification:

- test level: 3 (contact 6 kV, in air 8 kV);
- classification: B.

6.16.3 Immunity against radiated electromagnetic fields

The *phase comparator* shall pass the tests specified in 7.19 with the following test level and resulting classification:

- test level: 3;
- field strength: 10 V/m;
- frequency range: 80 MHz to 3 GHz;
- classification: B.

6.17 Dielectric strength

6.17.1 General

Subclause 6.17 gives requirements for lightning impulse voltage withstand, power-frequency voltage withstand and insulation for the *phase comparator*.

6.17.2 Lightning impulse withstand voltage

The *phase comparator* shall withstand a standard lightning impulse voltage of 1 500 V (waveform: 1,2/50 μ s).

6.17.3 Power-frequency withstand voltage

The *phase comparator* shall withstand a voltage of 120 V AC between the signal inputs and the earth connection, for a minimum duration of 1 min.

NOTE This value is considered to be the maximum voltage value between phase to phase at the *testing points* of the VDIS.

6.17.4 Insulation withstand voltage

The *phase comparator* shall withstand a voltage of 2 kV AC between the inputs connected together and the housing, for a minimum duration of 1 min in accordance with IEC 62271-1:2017, 7.10.5.

6.18 Marking

The marking shall be legible and permanent, and can be printed, engraved or moulded on the *phase comparator* casing.

The following marking, at a minimum, shall be given on the *phase comparator* casing with characters of at least 3 mm high:

- IEC 62271-215: 2021 (year);
- earthing symbol (IEC 60417-5017 (2006-08) – earth; ground) for the earthing signal *plug* connection;
- Type of *VDIS* coupling system: capacitive (symbol IEC 60417-6408 (2019-08)) or resistive (symbol IEC 60417-6409 (2019-08));
- manufacturer or trademark;
- year of production;
- rated frequencies;
- marking place for the date of the last maintenance, if any;
- class ("A" or "B").

7 Type tests

7.1 General

7.1.1 Information to be included in the *type test* report

The following information shall be included at a minimum:

- details of the test set-up (including diagram of test circuit);
- the manufacturer, type, serial numbers and ratings of the device tested.

7.1.2 Test conditions

Unless otherwise specified in the individual test subclauses, the *type tests* shall be performed under the following standard atmospheric conditions:

- ambient temperature: 15 °C to 40 °C;
- relative humidity: 45 % to 75 %;
- atmospheric pressure: 86 kPa to 106 kPa.

For dielectric tests, atmospheric correction factors in accordance with IEC 60060-1 shall be used if applicable.

Type tests shall be performed on three *phase comparators* (test objects). If a test object does not pass one of the *type tests* listed in Table 1, the entire *type tests* listed in Table 1 shall be repeated on three more test objects. If a test object again does not pass the *type test*, the *phase comparator* has failed the test.

For all values required, deviations of ± 5 % are permissible, unless otherwise specified in the individual test subclauses.

7.1.3 List of tests

The *type tests* shall be carried out as given in Table 1 and Table 2.

The *type tests* in Table 1 shall be carried out in the given sequence and shall be carried out with the same test object.

Table 1 – Sequence of *type tests*

#	Type of test	Requirements	Type test	Type test performed at all rated frequencies the <i>phase comparator</i> is designed for
1	Visual inspection	6.2, 6.9, 6.15.2, 6.18, 11.2	7.3	No
2	Dielectric strength	6.17	7.4	No
3	Vibration resistance	6.15.3	7.15	No
4	Fall	6.15.5	7.17	No
5	Degree of protection (IP code)	6.13	7.14	No
6	"Correct phase relationship" and "incorrect phase relationship"	6.5	7.5, 7.6	Yes
7	Perceptibility	6.5.7	7.10	Yes
8	Efficiency of <i>testing element</i> for <i>phase comparator</i> with built-in power supply if relevant	6.7	7.21	No
9	Indication until power source is exhausted for <i>phase comparator</i> with built-in power supply, if relevant	6.5.4, 6.6	7.20	No
10	Operation covered in the temperature range	6.14.2	7.12	No

The *type tests* given in Table 2 may be carried out without any sequence and may be carried out with a different test object.

Table 2 – List of *type tests* without sequence

#	Type of test	Requirements	Type test	Type test performed at all rated frequencies the <i>phase comparator</i> is designed for
11	<i>Response time</i>	6.5.6	7.9	Yes
12	Composite temperature/humidity cyclic test	6.14.3	7.13	No
13	Mechanical impact (IK code)	6.15.4	7.16	No
14	Electromagnetic compatibility	6.16	7.18, 7.19	No
15	Tolerance of rated frequency	6.11	7.7	Yes
16	Frequency shift	6.12	7.8	Yes
17	Test for frequency selection	6.10	7.11	Yes
18	Durability of marking	6.18	7.22	No

7.2 Test values

Where an AC test voltage source is required, any tests shall be performed at a rated frequency the *phase comparator* is designed for.

All AC currents and voltages defined in this document shall be expressed as RMS values.

In all tests affecting indication, the RMS value of the harmonics of the test voltage shall not exceed 3 % of the fundamental frequency.

For all values required, deviations of ± 5 % are permissible, unless otherwise specified in the individual test subclauses.

7.3 Inspection

It shall be verified whether the following requirements are fulfilled, either by visual inspection, measuring or other method of checking:

- arrangement according to 6.2;
- *probes* according to 6.9;
- marking according to 6.18;
- instructions for use according to 11.2;
- assembly according to 6.15.2.

7.4 Dielectric tests

7.4.1 General

Dielectric tests shall be performed in compliance with IEC 60060-1, unless otherwise specified in this document.

7.4.2 Lightning impulse voltage test

The test object shall be subjected to lightning impulse voltage tests in dry conditions only. The tests shall be performed with the voltages defined in 6.17.2 of both polarities using the standard lightning impulse 1,2/50 μ s in accordance with IEC 61000-4-5.

The source shall be connected to the phase input and earth connection of the *phase comparator*.

The test is considered as passed, if the *phase comparator* is working properly according to 7.5.2 and 7.5.3 .

7.4.3 Power-frequency voltage test

A voltage source capable of delivering 120 V AC $\pm$ 5 V shall be connected to the phase inputs. connected to each other and the earth.

The test voltage shall be raised for each test condition according to 6.17.3 to the test value and maintained for 1 min.

The test is considered as passed, if the *phase comparator* is working properly according to 7.5.2 and 7.5.3.

7.4.4 Voltage withstand test of the *phase comparator*

The test object shall be subjected to short-duration power-frequency voltage withstand tests in accordance with IEC 60060-1. The test voltage shall be raised for each test condition according to 6.17.4 to the test value and maintained for 1 min.

The source shall be connected between all inputs and the casing. If the casing is made of insulating material, a conductive layer (e.g. aluminium sheet) shall be applied on the casing.

The test is considered as passed, if the *phase comparator* is working properly according to 7.5.2 and 7.5.3.

7.5 Indication and perceptibility

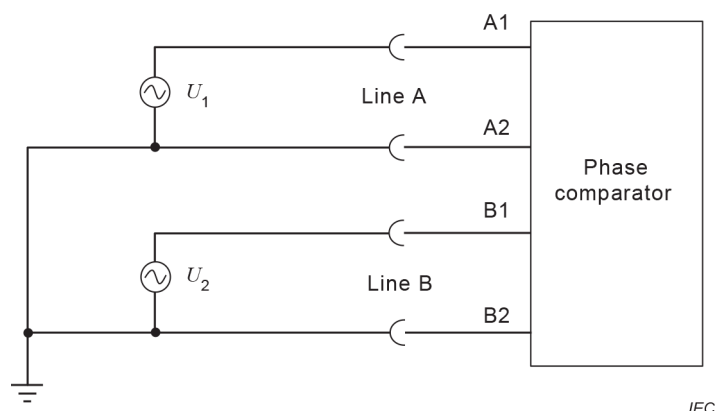
7.5.1 Test set-up and procedure for clear indication

To test the clear indication in the full range of input voltages, the *phase comparator* shall be connected in one of the two configurations, as shown in Figure 9 and Figure 10.

The voltages shall be set to the values $U_1 = U_{t \max}$ and $U_2 = 6 \times U_{t \max}$.

The difference of 6 times between U_1 and U_2 is the maximum of the voltage difference which can appear, based on the combination of values of IEC 62271-213:2021, Table 1, Table 2 and Table 3.

It shall be possible to vary the phase angle φ between U_1 and U_2 to achieve phase angles from $0^\circ \leq \varphi \leq 60^\circ$.



NOTE The plug B2 can be optional depending on the design of the *phase comparator*.

Figure 9 – Connection of test set-up for clear indication

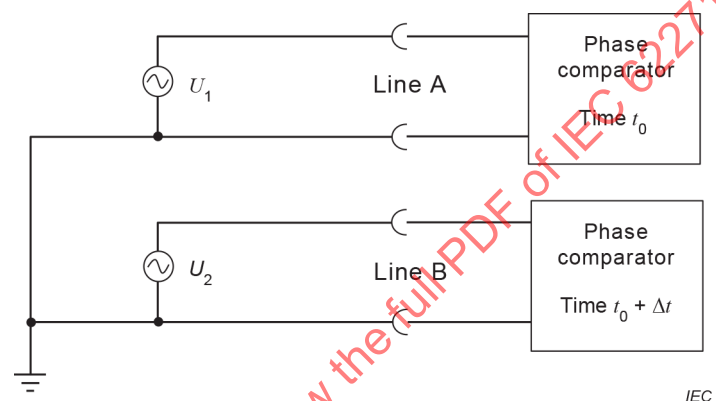


Figure 10 – Connection of test set-up for clear indication for sequential operation

In case of a sequential operation, the connections shall be made within a *memory holding time* Δt defined by the manufacturer, which is indicated in 11.2.

7.5.2 Test for correct phase relationship

With the test set-up corresponding to the test object, the following test shall be performed:

In the first test run the voltage U_2 shall be changed in its phase relation φ to voltage U_1 from 0° to 10° and the indication shall be observed.

In the second run, the connections of the phases on the *phase comparator* shall be interchanged and the test shall be repeated.

In case of a sequential connected operation, the change of the phase relation φ shall be done in steps of no more than 5° .

The tests are considered as passed if the following conditions are fulfilled:

- for *phase comparators* with only one signal, the indication "incorrect phase relationship" does not appear;
- for *phase comparators* with two or more *active signals*, the indication "incorrect phase relationship" does not appear and the indication "correct phase relationship" does appear.

7.5.3 Test for incorrect phase relationship

In the third test run the voltage U_2 shall be changed in its phase relation φ to voltage U_1 from 10° to 60° and the indication shall be observed.

In the fourth test run, the connections of the phases on the *phase comparator* shall be interchanged and the test shall be repeated.

In case of a sequential connected operation, the change of the phase relation φ shall be done in steps of no more than 5° .

The value of the phase angle at which the indication changes shall be noted.

The tests are considered as passed if the following conditions are fulfilled:

- for *phase comparators* with only one signal, the indication changes from no indication to "incorrect phase relationship" with the phase angle in the range of $10^\circ < |\varphi| \leq 30^\circ$ for Class A and in the range of $10^\circ < |\varphi| \leq 60^\circ$ for Class B;
- for *phase comparators* with two or more *active signals*, the indication changes from "correct phase relationship" to "incorrect phase relationship" with the phase angle in the range of $10^\circ < |\varphi| \leq 30^\circ$ for Class A and in the range of $10^\circ < |\varphi| \leq 60^\circ$ for Class B.

7.5.4 Absence of voltage on one VDIS

In the fifth test run, the input of line A shall be connected to ground, and the voltage U_2 shall be set to $6 \times U_{t \max}$. The indication shall be observed.

In the sixth test run, the connections of the phases on the *phase comparator* shall be interchanged and the test shall be repeated.

The tests are considered as passed if the following conditions are fulfilled:

- for *phase comparators* with only one signal, the indication "incorrect phase relationship" appears;
- for *phase comparators* providing two or more *active signals*, absence of voltage on one side results in either no indication or a specific *active signal*.

7.5.5 Absence of voltage on both VDIS

The voltage U_1 and the voltage U_2 shall be set to $0,7 \times U_{t \min}$. A phase difference of more than 60° shall be set. The indication shall be observed.

The tests are considered as passed if the following conditions are fulfilled:

- for *phase comparators* with only one signal, no indication appears;
- for *phase comparators* providing two or more *active signals* no indication appears or a specific *active signal* indicating that the voltage is less than $U_{t \min}$.

7.5.6 Test of impedance of the phase comparator

The *input impedance* X_c of the *phase comparator* shall be measured and shall comply with 6.4.

The measurement method used for this test shall be documented in the test report.

7.6 Test for maximum phase rotation

7.6.1 Test set-up for maximum phase rotation with capacitive coupling element

To test the maximum phase rotation for the range of capacitive coupling element values, the *phase comparator* shall be connected in one of the two configurations, as shown in Figure 11 and Figure 12.

In the test set-up, the capacitance values of C_1 which are between 1 pF and 2 pF and of C_2 which are equal to 100 pF shall be used. The current shall be measured between the capacitor and the *phase comparator*.

NOTE 1 The values C_1 and C_2 represent two different *VDIS* having different output signal capabilities.

The voltages U_1 and U_2 shall be set, such that the current in each connection is equal to 0,84 μA for a rated frequency of 16,7 Hz, 1,25 μA for a rated frequency of 25 Hz, 2,5 μA for a rated frequency of 50 Hz and 3 μA for a rated frequency of 60 Hz.

NOTE 2 The current values correspond to the values of $I_{t \max}$ listed in IEC 62271-213:2021, Table 2.

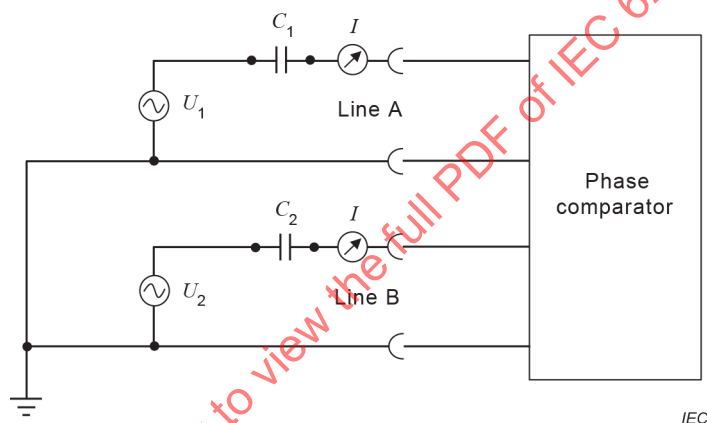


Figure 11 – Connection of test set-up for phase rotation

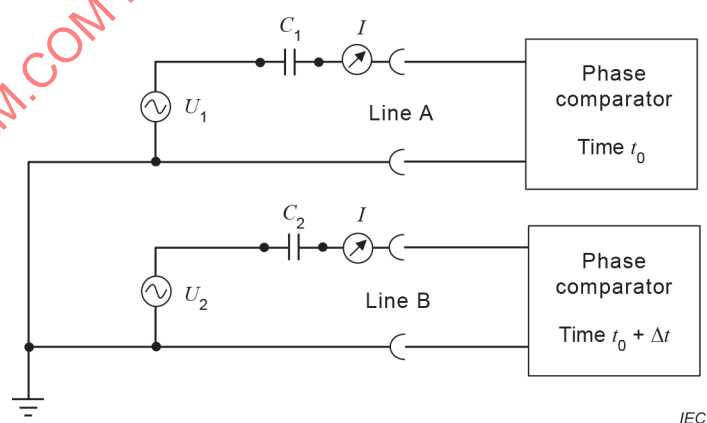


Figure 12 – Connection of test set-up for phase rotation for sequential operation

7.6.2 Test set-up for maximum phase rotation with resistive coupling element

To test the maximum phase rotation for the range of resistive coupling element values, the *phase comparator* shall be connected in one of the two configurations, as shown in Figure 13 and Figure 14.

In the test set-up, resistance values of $R_1 = 1\text{ M}\Omega$ and $R_2 = 600\text{ M}\Omega$ shall be used. The current shall be measured between the resistor and the *phase comparator*.

NOTE 1 The values R_1 and R_2 represent two different *VDIS* having different output signal capabilities.

The voltages U_1 and U_2 shall be set, such that the current in each connection is equal to $0,84\text{ }\mu\text{A}$ for a rated frequency of $16,7\text{ Hz}$, $1,25\text{ }\mu\text{A}$ for a rated frequency of 25 Hz , $2,5\text{ }\mu\text{A}$ for a rated frequency of 50 Hz and $3\text{ }\mu\text{A}$ for a rated frequency of 60 Hz .

NOTE 2 The current values correspond to the values of $I_{t\text{ max}}$ listed in IEC 62271-213:2021, Table 2.

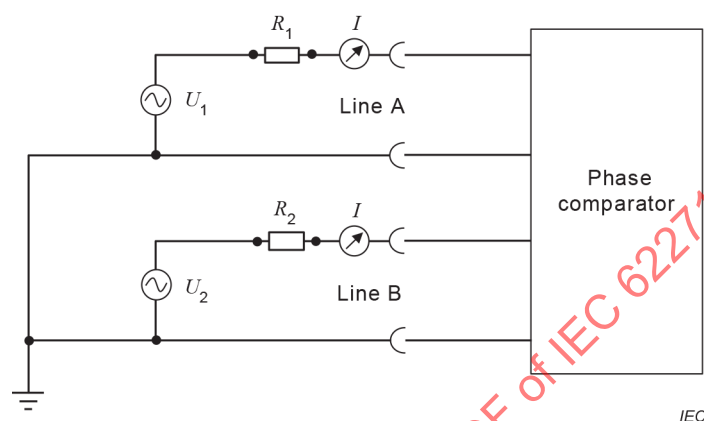


Figure 13 – Connection of test set-up for phase rotation

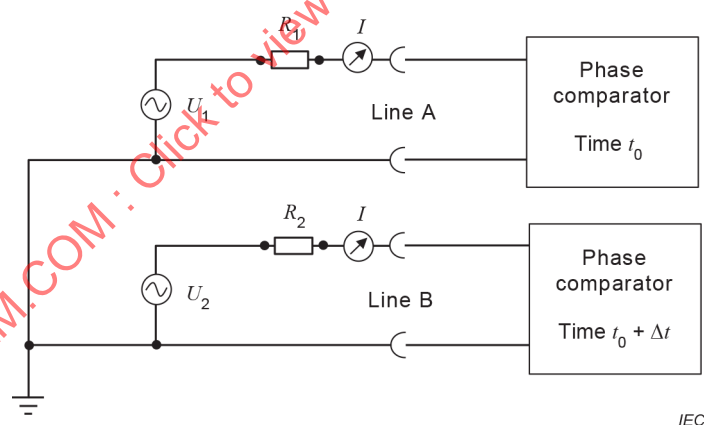


Figure 14 – Connection of test set-up for phase rotation for sequential operation

7.6.3 Test result for maximum phase rotation

The test shall be performed as described in 7.5.3.

The test is considered as passed, if the noted values of test 7.5.3 for the phase angle do not differ by more than 5° as defined in IEC 62271-213:2021, 6.7.4.

7.7 Tolerance of rated frequency

7.7.1 Test set-up

The test consists in performing the tests for clear indication using the test set-up and the test procedure of 7.7.2.

7.7.2 Test procedure

The test shall be performed for each rated frequency of the *phase comparator* at 99,8 % and 100,2 % of the respective rated frequency.

The test shall be considered as passed if the conditions of 7.7.2 are fulfilled.

7.8 Frequency shift for sequential operation *phase comparator*

7.8.1 Test set-up

The frequency generator shall have the following specification:

Where the distribution of the measurement error is known:

- the frequency resolution is 0,25 mHz;
- the accuracy of the frequency measurement is $\pm 0,000\ 5\ \%$ (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 a frequency shift of 1 mHz/s, with a ratio of 10/1.

7.8.2 Test procedure

In the first test, the test procedure of 7.5.2 with the relevant test run 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 rated 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 7.5.3 with the relevant test run 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 rated frequency.

In the third test, the test procedure of 7.5.3 with the relevant test run 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 rated frequency.

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

7.9 Response time

7.9.1 Test set-up

To test the *response time*, the *phase comparator*, corresponding to the test object as shown in Figure 9 and Figure 10, shall be connected. A voltage of $2 \times U_{t\ min}$ shall be applied to U_1 and U_2 . The phase difference between U_1 and U_2 shall be set to 0° .

7.9.2 Procedure

With the test set-up described in Figure 9 and Figure 10, corresponding to the test object, the following test shall be performed:

The earth connection is applied.

In the first step the line A shall be connected to the *phase comparator*.

In the second step the time shall be measured after line B is connected to the *phase comparator* and the indication changes.

The test is be considered as passed if:

- for *phase comparators* with only one signal, the indication changes from "incorrect phase relationship" to "no indication" in a time less than or equal to 1 s;
- for *phase comparators* with two or more *active signals*, the indication changes from either "no indication" or a specific indication to "correct phase relationship" in a time less than or equal to 1 s.

7.10 Clear perceptibility of visual indication

7.10.1 General

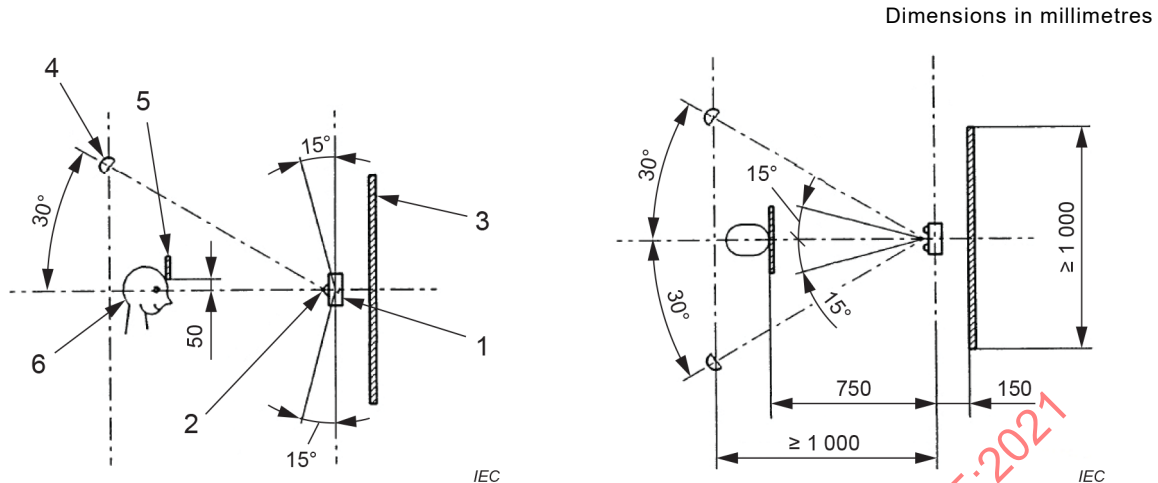
The *phase comparator* shall follow the requirements defined in 6.5.7.

7.10.2 Test set-up

To test the perceptibility of the visual indication the *phase comparator* shall be set up as shown in Figure 9 and Figure 10. A voltage of $2 \times U_{t \min}$ shall be applied to U_1 and U_2 . The phase difference between U_1 and U_2 shall be set to greater than 60° .

The *phase comparator* shall be placed in front of the centre of an unpolished grey screen of at least 1 000 mm in diameter with a reflectivity index between 15 % and 21 %, simulating the *front* panel of the *equipment* as in service. The *phase comparator* shall be installed so that it can be turned about its horizontal and vertical axes by $\pm 15^\circ$. The *indicator* and surface shall be illuminated with diffuse white light from two light sources, which shall be at least 1 000 mm from the *phase comparator* as shown in Figure 15, so that the illuminance on the test object and screen (measured perpendicularly to the screen surface after removing the *indicator*) is as defined in 6.5.7.

At a distance of 750 mm from the *phase comparator*, the forehead stop for the observer shall be arranged.



- | | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Indicator with visual indication | 4 | Light sources |
| 2 | Indicating element(s) | 5 | Forehead stop |
| 3 | Screen with a matt grey surface | 6 | Observer |

Figure 15 – Test set-up for perceptibility of visual indication

7.10.3 Procedure

The test shall be performed by three observers, each with average eyesight. The *phase comparator* shall be subjected to voltage and swung around its vertical and horizontal axes by $\pm 15^\circ$ in order to determine the position with the most unfavourable perceptibility, at the two extreme illuminating conditions (minimum and maximum) defined in 6.5.7 for the use of the *phase comparator*. The test voltage shall then be switched on and off several times at irregular time intervals not known to the observer.

The test is considered as passed, when each of the three observers has perceived all indications without doubt or error.

7.11 Test for frequency selection (where relevant)

The frequency selector of the *phase comparator* shall be switched at one position. The test for clear indication shall be performed at another frequency.

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.

This test shall be made for all combinations of the frequencies the *phase comparator* is designed for.

7.12 Temperature dependence of indication

The test shall be performed according to 7.5.2 and 7.5.3. All components and devices affecting the indication shall be present. The test temperatures shall be the same as the limiting values of the specified temperature range of the phase comparator as per 6.14.2. The test object shall be placed in a climatic chamber and:

- in the first test run, be cooled down to a steady-state temperature of minimum permitted ambient temperature of the specified temperature range for a duration of 16 h (in accordance with IEC 60068-2-1:2007, 6.6);

- in the second test run, be heated up to a steady-state temperature of maximum permitted ambient temperature of the specified temperature range for a duration of 16 h (in accordance with IEC 60068-2-2:2007, 6.5).

The test shall be performed at both test temperatures in the climatic chamber, and, where this is not possible, within 3 min of removal from the climatic chamber.

7.13 Composite temperature/humidity cyclic test

The *phase comparator* shall be tested with rapid changes of temperature heat combined with damp heat in accordance with IEC 60068-2-38 with the temperatures, cycle duration and number of cycles specified in 6.14.3.

The test is considered as passed, if the *phase comparator* has no damages and is working properly in accordance with 7.5.3.

7.14 Degree of protection (IP code)

The *phase comparator* shall be tested on its protection degree (IP codes) in accordance with IEC 60529 and shall comply with the requirements defined in 6.13.

7.15 Vibrations

The *phase comparator* shall be tested with vibrations in accordance with IEC 60068-2-6 with the test parameters specified in 6.15.3.

The test is considered as passed, if the *phase comparator* has no damages and is working properly (incorrect phase relationship) according to 7.5.3 after the test.

7.16 Mechanical impact (IK code)

The *phase comparator* shall be tested on impact in accordance with IEC 62262 with the requirements defined in 6.15.4.

The test is considered as passed, if after the test the *phase comparator* is working properly (incorrect phase relationship) according to 7.5.3 after the test.

7.17 Fall

This test shall be performed in accordance with IEC 60068-2-31, procedure 1, with the following parameters.

- The test surface shall be made of concrete or steel and shall be smooth, hard and rigid.
- The height of the fall shall be 1 m.
- The *phase comparator* shall be dropped along the 3 axes. For the vertical position, the contact electrode shall be downward.
- The number of falls shall be one per position.

The test is considered as passed if the *phase comparator* has no significant damages affecting the IP code, and if it has retained its required indication capability specified in 6.5 and its external appearances.

7.18 Electrostatic discharge

The *phase comparator* shall be tested with electrostatic discharges in accordance with IEC 61000-4-2 with the test parameters and acceptance criterion specified in 6.16.2.

The test shall be applied on the casing and on the conductive parts.

The test is considered as passed, if the *phase comparator* has no damages and is working properly (incorrect phase relationship) according to 7.5.3 after the test.

7.19 Radiated electromagnetic fields

The *phase comparator* shall be tested on radiated electromagnetic fields in accordance with IEC 61000-4-3 with the test parameters and acceptance criterion specified in 6.16.3.

The test is considered as passed, if the *phase comparator* has no damages and is working properly (incorrect phase relationship) according to 7.5.3 after the test.

7.20 *Phase comparator* when built-in power supply is exhausted

7.20.1 Preparation

This test shall be performed on the *phase comparator* with built-in power source.

If the built-in power source has no auxiliary power inputs, . like a battery for example, it shall be removed from the circuit.

A voltage source shall be used to simulate the built-in power source.

The voltage source shall be set to the *nominal voltage* of the built-in power source and the test object shall be switched on.

7.20.2 Operation

The voltage source shall be decreased until the *phase comparator* indicates non-readiness.

The test is performed in order to satisfy the requirement of 6.6. The test is considered as passed if the *phase comparator* indicates non-readiness or is automatically shut-off.

7.21 Efficiency of *testing element*

7.21.1 Preparation

This test applies only to *phase comparator* with a built-in power supply.

The manufacturer shall provide a description and list of the functions of the *testing element* and their results in case of failure.

The manufacturer shall also give information about those parts which are not tested.

7.21.2 Operation

A check shall be made of whether the *testing element* meets the requirements of 6.7.

The test shall be processed using the description and the list of functions, if any, of the *testing element*.

It is permitted to modify the circuit in order to test the efficiency of the *testing element*. It is recommended to modify those parts of the circuit which influence the indication of the *phase comparator* and which are monitored by the *testing element*.

The test is considered as passed, if it is ensured that the *testing element* is capable of detecting every fault for which it is designed.

7.22 Durability of marking

The marking 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 marking remains legible and the letters do not smear.

The surface of the *phase comparator* can 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.

8 Routine tests

The *routine tests* shall be carried out as given in Table 3 .

Table 3 – List of *routine tests*

#	Type of test	Requirements	Test according to subclause
1	Inspection	6.2, 6.9, 6.18, 11.2	7.3
2	Indication	6.5	7.5.2, 7.5.3 ^a
^a If the <i>phase comparator</i> is designed for multiple rated frequencies, the test is performed on at least one rated frequency			

9 Guide to the selection of *phase comparator* (informative)

It is the responsibility of the end user of the *phase comparator* to ensure that it is suitable for the use in its application.

For the selection of a *phase comparator* it is additionally necessary to consider:

- the nominal frequency of the system;
- the type of the *VDIS* system, whether for example capacitive or resistive.

10 Information to be given with enquiries, tenders and orders (informative)

10.1 General

Clause 10 defines the information which should be given by the enquirer and the manufacturer.

10.2 Information with enquiries and orders

a) Electrical network characteristics:

- nominal frequency;

b) Service conditions if different from Clause 4 of this document.

Minimum and maximum ambient air temperature; any condition deviating from the normal service conditions or affecting the satisfactory operation of the *phase comparator*, as, for example, unusual exposure to vapour, moisture, fumes, explosive gases, excessive dust or salt, thermal radiation, for example, solar.

c) Characteristics of the installation and its components:

- type of *VDIS*, whether resistive, capacitive or other.

10.3 Information with tenders

The following information should be given by the manufacturer with descriptive material and drawings:

- a) *rated values*;
- b) characteristics as enumerated in item c) of 10.2;
- c) *type test* certificates or reports on request;
- d) instructions for installation, operation and maintenance.

11 Transport, storage, installation, operation, maintenance and instructions for use

11.1 General

The transport, storage and operation of *phase comparators*, as well as their use and maintenance in service, shall be performed in accordance with instructions given by the manufacturer of the *phase comparator*. Consequently, the manufacturer shall provide the appropriate instructions for use for the transport, storage, operation and maintenance of the *phase comparator*.

11.2 Instructions for use

Instructions for the use of *phase comparators* shall include at least the following explanations and instructions:

- explanation of use;
- explanation of Class A or B;
- explanation on the type of *VDIS*, whether resistive, capacitive or other;
- explanation of all indications;
- explanation of indication when built-in power source is exhausted, if applicable;
- explanation of time duration of sequential *phase comparator*, if applicable;
- explanation of calibration and maintenance;
- explanation of how to perform the self-test function of the *phase comparator*, if applicable;
- statement on rated frequency;
- statement on the indication ranges of correct and incorrect phase relationship;
- statement on the voltage difference or rated frequency deviation that is allowed before an erroneous indication of phase angle occurs;
- statement on possible indications depending on situations (such as correct, incorrect phase relationship, missing voltage(s));
- elements with built-in power source: statement of the type of battery to be used;
- statement on storage and care, for example, temperature range;
- statement that the *phase comparator* is only for use with *VDIS* according to IEC 62271-213;
- statement of the *memory holding time*, if applicable.

Additional possible markings:

- indication of power supply if it exists (symbol IEC);
- indication of additional functions if they exist;
- "do not connect on the live line".

11.3 Maintenance

11.3.1 General

The *phase comparator* shall be maintained periodically.

The purpose of the periodic maintenance is to ensure that the *phase comparator* is able to give indications according to 6.5 in case of the modification of components characteristics due to ageing of the device.

11.3.2 Maintenance period

The period of maintenance is defined by the manufacturer.

NOTE It can be possible that national regulations define the periods for maintenance

11.3.3 Maintenance by testing

The *maintenance test* shall be performed using the sequences of the *routine test* by inspection and indication according to Clause 8.

12 Safety

Safety is covered by the requirements of the Clause 6 and the instructions for use.

13 Influence of the *phase comparator* on the environment

The manufacturer of the *phase comparator* shall give guidance on request, concerning disassembly and end-of-life procedures for the different materials of the *phase comparator* and indicate the possibility for recycling.

Annex A (informative)

Example of design

A.1 General

Annex A presents a design for which additional features or requirements can be necessary but not covered by this document.

A.2 Wireless connection

A *phase comparator* with wireless connection allows to do the phase comparison with *VDIS* separated by a long distance.

In this configuration, the signal *plugs* are not connected directly to the *indicator* but through a wireless communication. The *indicator* can be either located into one of the hand-held *plug* terminals or in a separate device.

This type of connection needs an accurate time synchronization within the wireless communication link.

In this configuration, the *phase comparator*, as defined in this document is the whole system composed of the terminal *plugs* with wireless communication and the *indicator* connected to the wireless communication (see Figure A.1).

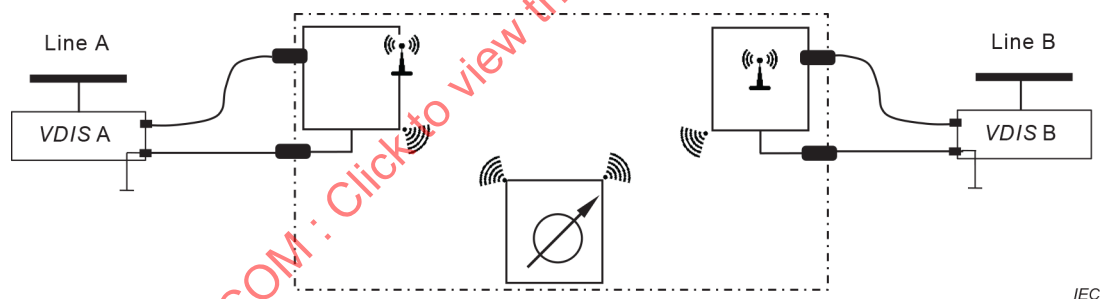


Figure A.1 – *Phase comparator* with a wireless connection

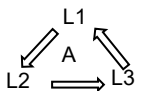
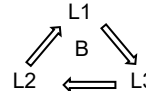
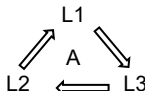
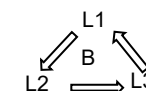
Annex B (informative)

Example of use

In case of operation with a *phase comparator* with one *active signal*, the user should check that both *VDIS* indicate the state “voltage present” before performing the phase comparison, as defined in the instruction for use.

When proceeding to a cable checking with a *phase comparator* providing only one *active signal*, to test the cable crossing of 120° (Class B usage), the operator shall check all combinations of phase concordance. After having checked all combinations, the result and the conclusion are according to Table B.1.

Table B.1 – Results and conclusions of a cable checking

		Side B			Conclusion	
		L1	L2	L3		
	L1	○	✱	✱	Cabling with a correct phase relationship	
	L2	✱	○	✱		
	L3	✱	✱	○		
	L1	✱	○	✱	Cross cables connected to L1 and L2 on one side	L1 ⇌ L2
	L2	○	✱	✱		
	L3	✱	✱	○		
S	L1	○	✱	✱	Cross cables connected to L2 and L3 on one side	L2 ⇌ L3
I	L2	✱	✱	○		
D	L3	✱	○	✱		
E	L1	✱	✱	○	Cross cables connected to L1 and L3 on one side	L1 ⇌ L3
	L2	✱	○	✱		
A	L3	○	✱	✱		
	L1	✱	○	✱	All cables shall be moved on one side	 or 
	L2	✱	✱	○		
	L3	○	✱	✱		
	L1	✱	✱	○	All cables shall be moved on one side	 or 
	L2	○	✱	✱		
	L3	✱	○	✱		
Key:						
○ = correct phase relationship indication						
✱ = incorrect phase relationship indication						

Bibliography

- [1] IEC 60050-151:2001, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 151: Electrical and magnetic devices*
 - [2] IEC 60050-312:2001, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 312: Electrical and electronic measurements – General terms relating to electrical measurements*
 - [3] IEC 60050-313:2001, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 313: Electrical and electronic measurements – Types of electrical measuring instrument*
 - [4] IEC 60050-442:1998, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 442: Electrical accessories*
 - [5] IEC 60050-614:2016, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 614: Generation, transmission and distribution of electricity – Operation*
 - [6] IEC 60050-651:2014, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 651: Live working*
 - [7] IEC 60050-826:2004, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 826: Electrical installations*
 - [8] IEC 60050-903:2010, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 903: Risk assessment*
 - [9] IEC 61481-1:2014, *Live working – Phase comparators – Part 1: Capacitive type to be used for voltages exceeding 1 kV a.c.*
 - [10] IEC 61481-2:2014, *Live working – Phase comparators – Part 2: Resistive type to be used for voltages from 1 kV to 36 kV a.c.*
-

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62271-215:2021

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	46
INTRODUCTION	48
1 Domaine d'application	49
2 Références normatives	49
3 Termes et définitions	50
4 Conditions normales et spéciales de service	53
4.1 Conditions normales de service	53
4.2 Conditions spéciales de service	53
5 Caractéristiques assignées	54
6 Conception et construction	54
6.1 Généralités	54
6.2 Parties d'un <i>comparateur de phase</i>	54
6.3 Description des <i>comparateurs de phase</i>	54
6.3.1 Généralités	54
6.3.2 <i>Comparateur de phase</i> pour un fonctionnement à raccordement simultané	54
6.3.3 <i>Comparateur de phase</i> pour un fonctionnement à raccordement séquentiel	55
6.4 Raccordement au VDIS	56
6.5 Indication et perceptibilité	57
6.5.1 Généralités	57
6.5.2 <i>Comparateur de phase</i> avec uniquement un <i>signal actif</i>	58
6.5.3 <i>Comparateur de phase</i> avec deux <i>signaux actifs</i> ou davantage	58
6.5.4 Indication d'un <i>comparateur de phase</i> avec alimentation incorporée	58
6.5.5 Indication des <i>comparateurs de phase</i> séquentiels	58
6.5.6 <i>Temps de réponse</i> de l'indication	58
6.5.7 Perceptibilité	59
6.6 <i>Comparateur de phase</i> avec alimentation incorporée	59
6.7 <i>Dispositif d'essai</i>	59
6.8 Fonctions supplémentaires	59
6.9 <i>Sondes</i>	59
6.10 Réglages	60
6.11 Tolérance de la fréquence assignée	61
6.12 Glissement de la fréquence des <i>comparateurs de phase</i> à fonctionnement séquentiel	61
6.13 Degré de protection (code IP)	61
6.14 Exigences climatiques	61
6.14.1 Généralités	61
6.14.2 Température	61
6.14.3 Composite température/humidité	61
6.15 Exigences mécaniques	61
6.15.1 Généralités	61
6.15.2 Assemblage	61
6.15.3 Vibrations	62
6.15.4 Impact mécanique (code IK)	62
6.15.5 Chute	62
6.16 Compatibilité électromagnétique	62

6.16.1	Généralités	62
6.16.2	Décharge électrostatique	62
6.16.3	Immunité aux champs électromagnétiques rayonnés	62
6.17	Rigidité diélectrique	62
6.17.1	Généralités	62
6.17.2	Tension de tenue aux chocs de foudre	63
6.17.3	Tension de tenue à la fréquence industrielle	63
6.17.4	Tension de tenue de l'isolation	63
6.18	Marquage	63
7	<i>Essais de type</i>	63
7.1	Généralités	63
7.1.1	Informations à inclure dans le rapport d'essais de type	63
7.1.2	Conditions d'essai	63
7.1.3	Liste des essais	64
7.2	Valeurs d'essai	65
7.3	Examen	65
7.4	Essais diélectriques	65
7.4.1	Généralités	65
7.4.2	Essai de tension de choc de foudre	66
7.4.3	Essai de tension à la fréquence industrielle	66
7.4.4	Essai de tension de tenue du <i>comparateur de phase</i>	66
7.5	Indication et perceptibilité	66
7.5.1	Montage et procédure d'essais d'indication certaine	66
7.5.2	Essai de concordance de phase	67
7.5.3	Essai de discordance de phase	68
7.5.4	Absence de tension sur un seul <i>VDIS</i>	68
7.5.5	Absence de tension sur les deux <i>VDIS</i>	68
7.5.6	Essai d'impédance du <i>comparateur de phase</i>	68
7.6	Essai de rotation de phase maximale	69
7.6.1	Montage d'essai de rotation de phase maximale avec un système de couplage capacitif	69
7.6.2	Montage d'essai de rotation de phase maximale avec élément de couplage résistif	70
7.6.3	Résultat de l'essai de rotation de phase maximale	71
7.7	Tolérance de la fréquence assignée	71
7.7.1	Montage d'essai	71
7.7.2	Procédure d'essai	71
7.8	Glissement de la fréquence avec un <i>comparateur de phase</i> à fonctionnement séquentiel	71
7.8.1	Montage d'essai	71
7.8.2	Procédure d'essai	71
7.9	<i>Temps de réponse</i>	72
7.9.1	Montage d'essai	72
7.9.2	Procédure	72
7.10	Claire perceptibilité de l'indication visuelle	72
7.10.1	Généralités	72
7.10.2	Montage d'essai	72
7.10.3	Procédure	73
7.11	Essai de sélection de la fréquence (le cas échéant)	73

7.12	Influence de la température sur l'indication	73
7.13	Essai cyclique composite température/humidité	74
7.14	Degré de protection (code IP)	74
7.15	Vibrations	74
7.16	Impact mécanique (code IK)	74
7.17	Chute.....	74
7.18	Décharge électrostatique	74
7.19	Champs électromagnétiques rayonnés.....	75
7.20	<i>Comparateur de phase</i> avec alimentation incorporée déchargée.....	75
7.20.1	Préparation.....	75
7.20.2	Procédure.....	75
7.21	Efficacité du <i>dispositif d'essai</i>	75
7.21.1	Préparation.....	75
7.21.2	Procédure.....	75
7.22	Durabilité du marquage.....	76
8	<i>Essais individuels de série</i>	76
9	Guide pour le choix du <i>comparateur de phase</i> (informatif)	76
10	Renseignements à donner dans les appels d'offres, les soumissions et les commandes (informatif)	76
10.1	Généralités	76
10.2	Renseignements dans les appels d'offres et les commandes	77
10.3	Renseignements pour les soumissions	77
11	Transport, stockage, installation, fonctionnement, maintenance et instructions d'emploi.....	77
11.1	Généralités	77
11.2	Instructions d'emploi	77
11.3	Maintenance	78
11.3.1	Généralités.....	78
11.3.2	Période de maintenance	78
11.3.3	Essai de maintenance	78
12	Sécurité.....	78
13	Influence du <i>comparateur de phase</i> sur l'environnement	78
Annexe A (informative)	Exemple de conception	79
A.1	Généralités	79
A.2	Liaison sans fil.....	79
Annexe B (informative)	Exemple d'utilisation	80
Bibliographie.....		81

Figure 1 – Exemple de structure type de <i>comparateur de phase</i> à fonctionnement simultané	55
Figure 2 – Fonctionnement à raccordement simultané avec deux connexions de mise à la terre	55
Figure 3 – Fonctionnement à raccordement simultané avec une connexion de mise à la terre	55
Figure 4 – Exemple de structure type de <i>comparateur de phase</i> à fonctionnement séquentiel	56
Figure 5 – Fonctionnement à raccordement séquentiel	56

Figure 6 – Classes de <i>comparateurs de phase</i> avec uniquement des valeurs d'angle positives	57
Figure 7 – Dimensions et conception des <i>fiches</i> sans écran d'isolation	60
Figure 8 – Dimensions et conception des <i>fiches</i> avec écran d'isolation	60
Figure 9 – Raccordement du montage d'essai d'indication certaine	67
Figure 10 – Raccordement du montage d'essai d'indication certaine pour un fonctionnement séquentiel	67
Figure 11 – Raccordement du montage d'essai de rotation de phase	69
Figure 12 – Raccordement du montage d'essai de rotation de phase pour un fonctionnement séquentiel	69
Figure 13 – Raccordement du montage d'essai de rotation de phase	70
Figure 14 – Raccordement du montage d'essai de rotation de phase pour un fonctionnement séquentiel	70
Figure 15 – Montage d'essai de perceptibilité de l'indication visuelle	73
Figure A.1 – <i>Comparateur de phase</i> avec liaison sans fil	79
Tableau 1 – Séquence des <i>essais de type</i>	64
Tableau 2 – Liste des <i>essais de type</i> sans séquence	65
Tableau 3 – Liste des <i>essais individuels de série</i>	76
Tableau B.1 – Résultats et conclusions d'un contrôle de câbles	80

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

APPAREILLAGE À HAUTE TENSION –

Partie 215: Comparateur de phase utilisé avec un VDIS

AVANT-PROPOS

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

La Norme internationale IEC 62271-215 a été établie par le sous-comité SC 17C: Ensembles, du comité d'études 17 de l'IEC: Appareillage haute tension, en liaison avec le CE 78 de l'IEC: Travaux sous tension.

Cette première édition annule et remplace la première édition de l'IEC 61243-5 parue en 1997 et la première édition de l'IEC 62271-206 parue en 2011. Cette édition est issue de la fusion de l'IEC 61243-5 et de l'IEC 62271-206.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport aux éditions précédentes de l'IEC 61243-5 et l'IEC 62271-206:

- a) le document n'inclut pas les *comparateurs de phase* spécifiques (SPC- specific phase comparator) définis dans l'IEC 61243-5, qui étaient spécifiques aux constructeurs, et reprend les principes techniques du *comparateur de phase* universel (UPC – universal phase comparator) pour les *VIDS* de tous les constructeurs;

- b) le *comparateur de phase* pour un fonctionnement à raccordement séquentiel est instauré afin de faciliter la mise en œuvre de la comparaison de phase des grands panneaux MT.

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

FDIS	Rapport de vote
17C/788/FDIS	17C/795/RVD

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

La version française de cette norme n'a pas été soumise au vote.

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

Le présent document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2. Il a été développé selon les Directives ISO/IEC, Partie 1 et les Directives ISO/IEC, Supplément IEC, disponibles sous www.iec.ch/members_experts/refdocs. Les principaux types de documents développés par l'IEC sont décrits plus en détail sous www.iec.ch/standardsdev/publications.

Cette Norme internationale doit être utilisée conjointement avec l'IEC 62271-13:2021.

Dans le présent document, les caractères d'imprimerie suivants sont utilisés:

- termes définis à l'Article 3: *caractères italiques*.

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

Le comité a décidé que le contenu du présent document ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous webstore.iec.ch dans les données relatives au document recherché. À cette date, le document sera

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

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

INTRODUCTION

La présente partie de l'IEC 62271 a été élaborée sur la base de l'IEC 62271-1 et est associée à l'IEC 62271-213 pour son fonctionnement.

Les produits conçus et construits conformément au présent document contribuent à la sécurité des utilisateurs, à condition qu'ils soient utilisés par des personnes qualifiées ou averties, conformément à des méthodes de travail sûres et aux instructions d'emploi.

Le produit couvert par le présent document peut avoir un impact sur l'environnement pendant certaines ou toutes les étapes de son cycle de vie. Ces impacts peuvent être faibles ou significatifs, de courte ou longue durée, et se produire au niveau mondial, régional ou local.

Le principe de la comparaison de phase est compatible avec celui qui a été élaboré par le CE 78 de l'IEC dans la norme IEC 61481-1.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62271-215:2021

APPAREILLAGE À HAUTE TENSION –

Partie 215: Comparateur de phase utilisé avec un VDIS

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 62271 s'applique aux *comparateurs de phase* conçus pour être enfichés dans les *points de contrôle* d'un *système détecteur et indicateur de tension (VDIS)*, conformément à l'IEC 62271-213, pour donner une indication du résultat d'une comparaison de phase.

La principale utilisation est de fournir une preuve indiscutable de la concordance de phase entre deux parties actives d'un réseau à haute tension, qui sont à la même *tension nominale* et la même fréquence nominale, avant de les coupler.

Le présent document ou des parties de celui-ci peuvent également s'appliquer à la fonction de comparaison de phase d'autres dispositifs raccordés au VDIS avec l'accord du constructeur et de l'utilisateur.

Le présent document ne couvre pas les *comparateurs de phase* destinés à être utilisés directement sur des parties nues de l'installation électrique active à la *tension nominale* des réseaux. Ces comparateurs de phase sont couverts par l'IEC 61481-1 et l'IEC 61481-2.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

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

IEC 60068-2-1:2007, *Essais d'environnement – Partie 2-1: Essais – Essai A: Froid*

IEC 60068-2-2:2007, *Essais d'environnement – Partie 2-2: Essais – Essai B: Chaleur sèche*

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

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 60068-2-38, *Essais d'environnement – Partie 2-38: Essais – Essai Z/AD: Essai cyclique composite de température et d'humidité*

IEC 60417, *Symboles graphiques utilisables sur le matériel*

IEC 60529, *Degrés de protection procurés par les enveloppes (Code IP)*

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 61000-4-5, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-5: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité aux ondes de choc*

IEC 62262, *Degrés de protection procurés par les enveloppes de matériels électriques contre les impacts mécaniques externes (code IK)*

IEC 62271-1, *Appareillage à haute tension – Partie 1: Spécifications communes pour appareillage à courant alternatif*

IEC 62271-213, *Appareillage haute tension – Partie 213: Système détecteur et indicateur de tension*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes, définitions et symboles suivants s'appliquent.

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <https://www.iso.org/obp>
- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <http://www.electropedia.org/>

3.1

signal actif

phénomène visible (optionnellement sonore) dont la présence, l'absence ou les variations sont considérées comme représentant un état spécifique, par exemple le résultat de la comparaison de phase

3.2

matériel équipement

appareil unique ou ensemble de dispositifs ou appareils, ou ensemble des dispositifs principaux d'une installation, ou ensemble des dispositifs nécessaires à l'accomplissement d'une tâche particulière

[SOURCE: IEC 60050-151:2001[1]¹, 151-11-25, modifiée – la Note est supprimée.]

3.3

avant

partie du *VDIS* accessible pendant le fonctionnement

[SOURCE: IEC 62271-213:2021, 3.9]

3.4

indicateur

partie du *comparateur de phase* qui indique le résultat de la comparaison de phase

¹ Les chiffres entre crochets se réfèrent à la Bibliographie.

3.5

impédance d'entrée

X_c

impédance du circuit d'entrée mesurée entre les bornes d'entrée du *comparateur de phase* dans les *conditions normales de fonctionnement*

Note 1 à l'article: L'impédance peut être exprimée en termes d'admittance.

Note 2 à l'article: L'impédance peut être linéaire ou non linéaire.

[SOURCE: IEC 60050-312:2001, 312-06-18, modifiée – la Note 2 est supprimée et la Note 3 est simplifiée et devient la Note 2 à l'article, et le symbole " X_c " a été ajouté.]

3.6

essai de maintenance

essai effectué périodiquement sur une entité pour 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 [1], 151-16-25]

3.7

tension de mesure

valeur de la tension mesurée au *point de contrôle* ou au *point de raccordement*, s'il existe

[SOURCE: IEC 62271-213, 3.16]

3.8

durée de maintien de la mémoire

Δt

temps maximal disponible d'un *comparateur de phase* à fonctionnement séquentiel pour faire contact avec la deuxième partie 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 partie à vérifier

[SOURCE: IEC 61481-1:2014, 3.20, modifiée – " Δt " ajouté; "pour un comparateur de phase unipolaire" supprimé; "d'un *comparateur de phase* à fonctionnement séquentiel" ajouté.]

3.9

tension nominale

U_n

valeur de la tension par laquelle l'installation électrique ou une partie de l'installation électrique est désignée et identifiée

[SOURCE: IEC 60050-826:2004 [7], 826-11-01]

3.10

condition normale de fonctionnement

condition de fonctionnement qui reflète le mieux la gamme des conditions d'utilisation normale qu'il est raisonnable d'attendre

[SOURCE: IEC 60050-903:2014 [8], 903-01-21]

3.11

comparateur de phase

dispositif de diagnostic 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[6], 651-24-03]

3.12

fiche

appareil pourvu de broches conçues pour s'engager dans les contacts d'une *embase* et comprenant également des pièces pour la connexion électrique et la retenue mécanique des câbles souples

[SOURCE IEC 60050-442:1998 [4], 442-03-01]

3.13

sonde

dispositif d'entrée d'un appareil de mesure, formant généralement une unité séparée et connectée à l'appareil au moyen d'un câble flexible, qui transmet le mesurande de façon appropriée

[SOURCE: IEC 60050-313:2001 [3], 313-09-11]

3.14

valeur assignée

valeur d'une grandeur, utilisée à des fins de spécification, correspondant à un ensemble spécifié de conditions de fonctionnement d'un composant, dispositif, *matériel* ou système

[SOURCE: IEC 60050-151:2001 [1], 151-16-08]

3.15

temps de réponse

intervalle de temps entre le moment auquel le *comparateur de phase* fait contact avec la deuxième partie à comparer et l'indication indiscutable correspondante du résultat d'une comparaison de phase

3.16

essai individuel de série

essai de conformité effectué sur chaque entité en cours ou en fin de fabrication

[SOURCE: IEC 60050-151:2001 [1], 151-16-17]

3.17

embase

appareil pourvu de contacts femelles conçus pour recevoir les broches d'une *fiche* et pourvu de bornes pour la connexion de conducteurs

[SOURCE: IEC 60050-442:1998 [4], 442-03-02 modifiée: remplacement du titre "socle de prise de courant" par "embase"]

3.18

dispositif d'essai

dispositif intégré, externe ou procédure, au moyen duquel le fonctionnement de l'*indicateur* peut être vérifié par l'utilisateur

3.19**point de contrôle**

embase accessible à l'avant d'un *VDIS* qui permet l'accès au signal

[SOURCE: IEC 62271-213:2021, 3.29]

3.20**paramètre de seuil**

φ_p

angle de phase, φ_p , entre les deux signaux de tension des *points de contrôle* du *VDIS* qui cause un changement du résultat de la comparaison de phase

3.21**essai de type**

essai de conformité effectué sur une ou plusieurs entités représentatives de la production

[SOURCE: IEC 60050-151:2001 [1], 151-16-16]

3.22**système détecteur et indicateur de tension****VDIS**

dispositif utilisé pour détecter et indiquer la présence ou l'absence de la tension de service et pour fournir un signal pour d'autres fonctions

Note 1 à l'article: Les autres fonctions peuvent être, par exemple, la comparaison de phase ou le mesurage de tension.

Note 2 à l'article: L'abréviation "VDIS" est dérivée du terme anglais développé correspondant "voltage detecting and indicating system".

[SOURCE: IEC 62271-213:2021, 3.32]

4 Conditions normales et spéciales de service**4.1 Conditions normales de service**

Sauf spécification contraire, le *comparateur de phase* est destiné à être utilisé conformément à ses caractéristiques assignées et dans les conditions normales de service données ci-dessous.

Le fonctionnement dans les conditions normales de service est couvert par les *essais de type* conformément au présent document.

Les conditions normales de service sont les suivantes:

- a) la température de l'air ambiant est comprise entre -25 °C et +40 °C;
- b) l'influence des rayonnements solaires est inexistante;
- c) l'altitude n'excède pas 1 000 m;
- d) la valeur moyenne de l'humidité relative, mesurée sur une période de 24 h, n'excède pas 95 %.

4.2 Conditions spéciales de service

Il convient de définir des conditions spéciales d'environnement par accord entre l'utilisateur final et le constructeur du *comparateur de phase*.

5 Caractéristiques assignées

Les caractéristiques assignées suivantes pour le *comparateur de phase* doivent être conformes aux caractéristiques assignées communes du *VDIS* auquel il est raccordé:

- les *valeurs assignées* préférentielles de fréquence du *comparateur de phase* sont 16,7 Hz, 25 Hz, 50 Hz et 60 Hz.

6 Conception et construction

6.1 Généralités

Le *comparateur de phase* est un dispositif portatif qui doit être enfiché dans les *points de contrôle* de deux *VDIS* pour effectuer la comparaison de phase.

Le *comparateur de phase* doit être conçu et construit conformément aux exigences suivantes:

6.2 Parties d'un *comparateur de phase*

Un *comparateur de phase* doit comprendre:

- un *indicateur*;
- des *sondes*;
- une alimentation incorporée (facultatif);
- un *dispositif d'essai*, s'il possède une alimentation incorporée.

Un *comparateur de phase* peut comporter des fonctions supplémentaires conformément à 6.8.

6.3 Description des *comparateurs de phase*

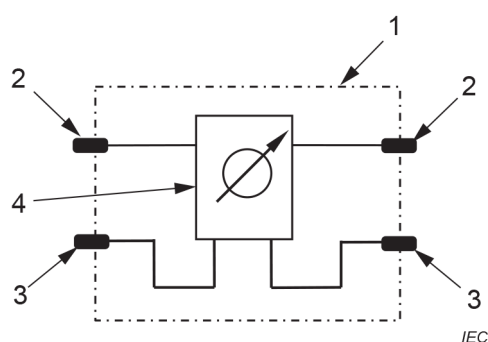
6.3.1 Généralités

Les *comparateurs de phase* sont classés en deux types de fonctionnement:

- fonctionnement à raccordement simultané, par lequel le *comparateur de phase* est raccordé à deux *VDIS* en même temps;
- fonctionnement à raccordement séquentiel, par lequel le *comparateur de phase* est d'abord raccordé à un *VDIS*, est ensuite déconnecté de celui-ci, puis raccordé à l'autre *VDIS*.

6.3.2 *Comparateur de phase* pour un fonctionnement à raccordement simultané

La structure générique type est décrite à la Figure 1 suivante pour un fonctionnement simultané.



Légende

- 1 *Comparateur de phase*
- 2 *Fiches de signal d'entrée*
- 3 *Fiches de signaux de terre*
- 4 *Indicateur*

Figure 1 – Exemple de structure type de *comparateur de phase* à fonctionnement simultané

La Figure 2 et la Figure 3 représentent deux exemples de *comparateurs de phase* utilisés avec deux connexions de mise à la terre et une connexion de mise à la terre.

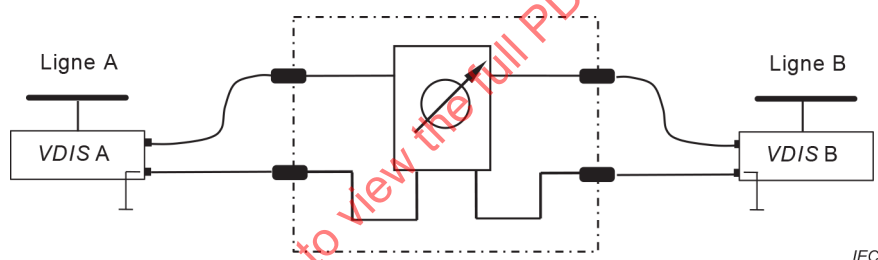


Figure 2 – Fonctionnement à raccordement simultané avec deux connexions de mise à la terre

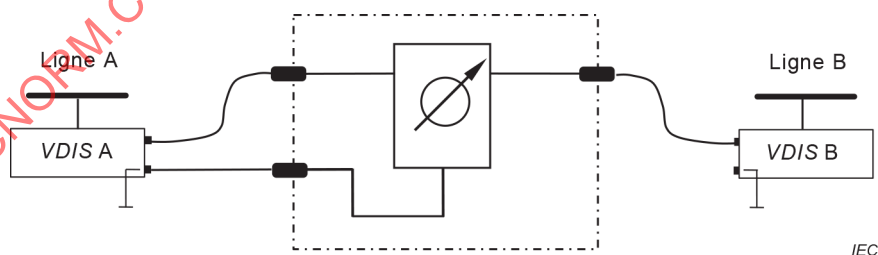
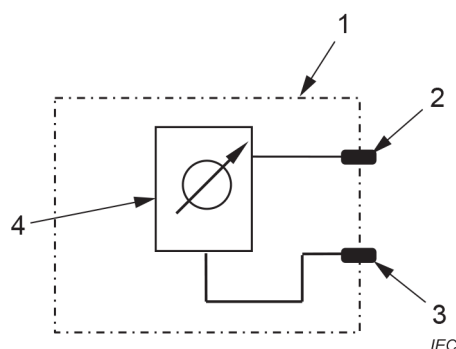


Figure 3 – Fonctionnement à raccordement simultané avec une connexion de mise à la terre

Un exemple de conception d'un *comparateur de phase* à fonctionnement simultané est présenté dans l'Annexe A.

6.3.3 *Comparateur de phase* pour un fonctionnement à raccordement séquentiel

La Figure 4 représente un système à raccordement séquentiel avec son groupe de *fiches*.



Légende

- 1 *Comparateur de phase*
- 2 *Fiches de signal d'entrée*
- 3 *Fiches de signal de terre*
- 4 *Indicateur*

Figure 4 – Exemple de structure type de *comparateur de phase* à fonctionnement séquentiel

La Figure 5 représente un exemple de *comparateur de phase* utilisé en fonctionnement séquentiel.

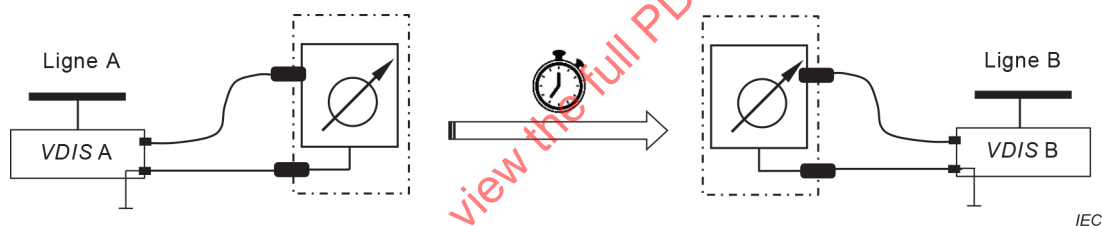


Figure 5 – Fonctionnement à raccordement séquentiel

6.4 Raccordement au VDIS

Le *comparateur de phase* doit être conforme aux exigences des conditions des *points de contrôle* du VDIS conformément à 6.7 de l'IEC 62271-213:2021.

La *tension de mesure* maximale aux *points de contrôle* du VDIS peut être de 60 V en courant alternatif.

Le *comparateur de phase* doit pouvoir comparer les signaux de deux VDIS différents ayant des capacités de signal de sortie différentes, mais le même type de système de couplage (capacitif ou résistif). Un *comparateur de phase* pouvant comparer des phases de systèmes de couplage différents est possible.

Le résultat de la comparaison de phase d'un *comparateur de phase* doit être indépendant des amplitudes de la *tension de mesure* de chacun des deux VDIS.

6.5 Indication et perceptibilité

6.5.1 Généralités

Le *comparateur de phase* doit donner une indication claire des états "concordance de phase" ou "discordance de phase" au moyen du changement de l'état d'un ou de plusieurs *signaux actifs*.

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

Le *comparateur de phase* doit indiquer "concordance de phase" entre les deux signaux de tension des *VDIS* comparés lorsque la différence angulaire, en valeur absolue, est inférieure à 10° .

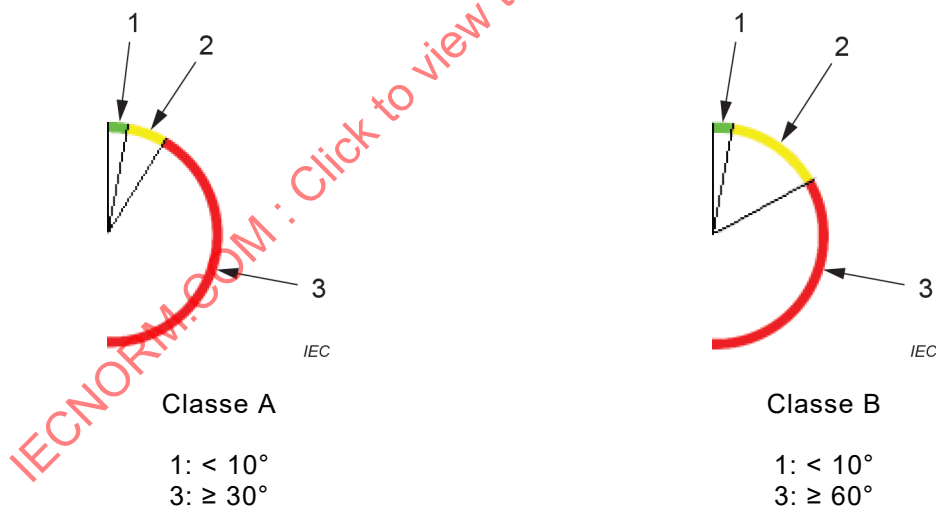
Le *comparateur de phase* doit indiquer "discordance de phase" entre les deux signaux de tension des *VDIS* comparés lorsque la différence angulaire, en valeur absolue, est supérieure ou égale à 30° ou à 60° selon les classes ci-dessous.

Le *paramètre de seuil*, φ_p , doit être compris dans les limites données ci-dessus.

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

- classe A: $10^\circ < |\varphi_p| \leq 30^\circ$;
- classe B: $10^\circ < |\varphi_p| \leq 60^\circ$.

La Figure 6 représente les limites de la classe A et de la classe B.



Légende:

- 1 Concordance de phase
- 2 Zone du paramètre de seuil φ_p
- 3 Discordance de phase

Figure 6 – Classes de *comparateurs de phase* avec uniquement des valeurs d'angle positives

Pour des *tensions de mesure* inférieures à $U_{t \min}$ conformément à 6.7.3 de l'IEC 62271-213:2021, aucune indication ne doit apparaître.

Un *comparateur de phase* doit indiquer le résultat de la comparaison de phase sans être anormalement influencé par les différences entre les valeurs des systèmes de couplage des *VDIS*.

6.5.2 Comparateur de phase avec uniquement un *signal actif*

Un *comparateur de phase* ayant un seul *signal actif* doit indiquer "discordance de phase" par un *signal actif*.

Dans le cas d'un *comparateur de phase* qui n'a qu'un *signal actif*, une *tension de mesure* inférieure à $U_{t\min}$, conformément à 6.9.2 de l'IEC 62271-213:2021, d'un côté, doit entraîner l'indication "discordance de phase".

Un exemple d'opération de contrôle de câbles est présenté dans l'Annexe B avec un *comparateur de phase* ayant un seul *signal actif*, et ne comportant pas d'alimentation incorporée.

6.5.3 Comparateur de phase avec deux *signaux actifs* ou davantage

Un *comparateur de phase* comportant deux *signaux actifs* ou davantage doit indiquer "concordance de phase" et "discordance de phase" par deux *signaux actifs* ou davantage.

Dans le cas d'un *comparateur de phase* avec deux *signaux actifs* ou davantage, une *tension de mesure* inférieure à $U_{t\min}$, conformément à 6.9.2 de l'IEC 62271-213:2021, d'un côté, doit entraîner soit l'absence d'indication, soit un *signal actif* spécifique.

6.5.4 Indication d'un *comparateur de phase* avec alimentation incorporée

Un *comparateur de phase* avec alimentation incorporée doit indiquer les deux états "concordance de phase" et "discordance de phase" par deux *signaux actifs* jusqu'à la décharge de l'alimentation.

Les deux *signaux actifs* ne doivent pas être constitués exclusivement de couleurs différentes. Des caractéristiques supplémentaires doivent être utilisées, par exemple séparation spatiale, signaux lumineux de formes distinctes, clignotement des signaux lumineux ou signaux sonores.

Un *signal actif* doit indiquer que le dispositif est prêt à fonctionner.

6.5.5 Indication des *comparateurs de phase* séquentiels

Un *comparateur de phase* à fonctionnement séquentiel doit donner une indication claire de sa disponibilité à se déconnecter du premier *VDIS*. Après déconnexion, le *comparateur de phase* doit également donner une indication claire de sa disponibilité à être connecté au second *VDIS* par au moins un *signal actif* supplémentaire.

La disponibilité à être connecté au second *VDIS* doit avoir une *durée de maintien de la mémoire* d'au moins 5 s.

L'indication de disponibilité doit être différente des *signaux actifs* du résultat de la comparaison de phase.

6.5.6 Temps de réponse de l'indication

Le *comparateur de phase* doit indiquer le résultat de la comparaison de phase en moins de 1 s.

6.5.7 Perceptibilité

L'indication doit être clairement perceptible par l'utilisateur en position de travail recommandée et dans les conditions normales de lumière.

La perceptibilité de l'indication visuelle doit être effective dans des conditions d'éclairage intérieur ou extérieur avec un éclairage minimal de 10 lux $\pm$ 10 % et maximal de 1 000 lux $\pm$ 10 %.

6.6 Comparateur de phase avec alimentation incorporée

Un *comparateur de phase* avec alimentation incorporée doit fournir une indication supplémentaire d'indisponibilité ou un arrêt automatique lorsque l'alimentation est déchargée.

6.7 Dispositif d'essai

Un *comparateur de phase* avec alimentation incorporée doit être équipé d'un *dispositif d'essai*.

Pour un *comparateur de phase* sans alimentation incorporée, un dispositif de contrôle adéquat ou une procédure adéquate d'essai de fonctionnement, au moins le contrôle de l'indication, doit être fourni par le constructeur.

Le *dispositif d'essai* doit soumettre à l'essai les composants influençant l'indication, notamment les *sondes*, le cas échéant, pour veiller à leur bon fonctionnement, et doit indiquer clairement leur disponibilité pour l'utilisation, y compris celle de l'alimentation électrique.

Lorsque certains composants ne peuvent pas être soumis à l'essai, cette limitation doit être clairement indiquée dans les instructions d'emploi.

En cas de défaut détecté par le *dispositif d'essai*, le *comparateur de phase* ne doit pas indiquer "concordance de phase" ou "discordance de phase" et peut fournir des indications supplémentaires comme "défaut" ou "erreur".

6.8 Fonctions supplémentaires

Les autres fonctions facultatives d'un *comparateur de phase* ne sont pas traitées dans le présent document. Elles ne doivent pas modifier le fonctionnement du *comparateur de phase* lui-même et/ou les fonctions de base du *VDIS* auquel il est raccordé. Par exemple, certaines fonctions peuvent être:

- détection et indication de tension, conformément à l'IEC 62271-213;
- *essai de maintenance* du *VDIS*, conformément à l'IEC 62271-213;
- indication de l'ordre des phases;
- affichage du mesurage;
- communications;
- etc.

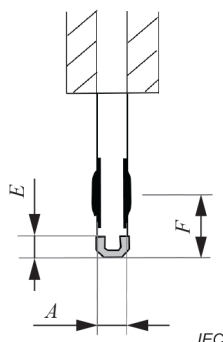
6.9 Sondes

Les *sondes* doivent être conçues et guidées de manière à résister aux efforts résultant de l'utilisation prévue.

Lorsque les *sondes* comportent des câbles souples, leurs extrémités doivent être protégées contre le flambage.

Les *sondes* directement fixées sur le boîtier du *comparateur de phase* doivent satisfaire aux mêmes exigences et dimensions que celles fixées sur les câbles.

Les sondes doivent être équipées de *fiches* appropriées comme suit (voir Figure 7 et Figure 8):



Fiche acceptée par les *points de contrôle* (dispositifs indicateurs ou autres)

Légende:

Fiche:

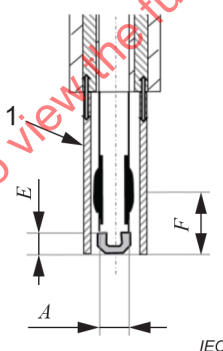
$A = 3,90 \text{ mm} \pm 0,05 \text{ mm}$ (comprimée)

$F \leq 12 \text{ mm}$

$2,6 \text{ mm} \leq E \leq 6 \text{ mm}$ (facultatif)

Figure 7 – Dimensions et conception des *fiches* sans écran d'isolation

Si la *fiche* est équipée d'un écran d'isolation, celui-ci doit être rétractable.



Fiche acceptée par les *points de contrôle* (dispositifs indicateurs ou autres) avec écran d'isolation rétractable

Légende:

Fiche:

$A = 3,90 \text{ mm} \pm 0,05 \text{ mm}$ (comprimée)

1: écran d'isolation rétractable

$F \leq 12 \text{ mm}$

$2,6 \text{ mm} \leq E \leq 6 \text{ mm}$ (facultatif)

Figure 8 – Dimensions et conception des *fiches* avec écran d'isolation

6.10 Réglages

L'utilisateur ne doit pas avoir accès aux réglages qui ont une influence sur le résultat de la comparaison de phase.

L'utilisation d'un sélecteur de fréquences est la seule exception permise, mais pour chaque position du sélecteur l'utilisateur ne doit avoir accès à aucun réglage.

En cas de position incorrecte du sélecteur de fréquence, le cas échéant, le *comparateur de phase* ne doit donner aucune indication sur la relation de phase.

6.11 Tolérance de la fréquence assignée

Le *comparateur de phase* doit fonctionner correctement à toutes les fréquences assignées pour lesquelles il est conçu, avec une tolérance de $\pm 0,2$ % de chaque fréquence assignée.

6.12 Glissement de la fréquence des *comparateurs de phase* à fonctionnement séquentiel

La comparaison de phase doit fonctionner correctement avec des variations de fréquence allant jusqu'à 1 mHz/s pendant la *durée de maintien en mémoire* déclarée par le constructeur après l'apparition de l'indication "mémoire prête".

L'indication d'un *comparateur de phase* séquentiel ne doit pas conclure à une "concordance de phase" avec des variations de fréquence supérieures à 10 mHz/s pendant au moins 5 s après l'apparition de l'indication "mémoire prête".

6.13 Degré de protection (code IP)

Lorsqu'il est raccordé au *VDIS*, le *comparateur de phase* doit procurer au moins un degré de protection IP2X, conformément à l'IEC 60529 pour l'enveloppe et IP2X pour les *fiches* et les *sondes*.

6.14 Exigences climatiques

6.14.1 Généralités

Le *comparateur de phase* doit satisfaire aux exigences climatiques suivantes:

6.14.2 Température

Le *comparateur de phase* doit fonctionner correctement dans la plage $-25\text{ °C} \leq T \leq +40\text{ °C}$.

6.14.3 Composite température/humidité

Le *comparateur de phase* doit satisfaire aux essais spécifiés en 7.13 avec les exigences suivantes:

- basse température: -10 °C ;
- haute température: $+40\text{ °C}$;
- humidité relative: 93 %;
- durée du cycle: 24 h;
- nombre de cycles: 21.

6.15 Exigences mécaniques

6.15.1 Généralités

Le *comparateur de phase* doit satisfaire aux exigences mécaniques suivantes:

6.15.2 Assemblage

Les connexions doivent être réalisées de sorte qu'il leur soit impossible de se défaire involontairement, de se détacher ou de changer leur position. Les points de contact doivent être protégés contre la corrosion.

6.15.3 Vibrations

Le *comparateur de phase* doit satisfaire aux essais spécifiés en 7.15 avec les exigences suivantes:

- balayage de fréquence: 10 Hz à 150 Hz (sinusoïdale);
- balayage d'amplitude: $\pm 0,15$ mm d'amplitude constante dans la plage de 10 Hz à 58 Hz;
- balayage d'accélération: 2,0 g d'accélération constante dans la plage de 58 Hz à 150 Hz;
- temps de balayage: 1 octave/min;
- temps de palier: 2 h (chaque direction);
- orientation: toutes les directions (axes $x / y / z$);
- nombre de cycles: 1.

6.15.4 Impact mécanique (code IK)

Le *comparateur de phase* doit respecter un niveau de protection IK07, tel que défini dans l'IEC 62262.

6.15.5 Chute

Le *comparateur de phase* doit résister à une chute de 1 m.

La chute doit être réalisée pour chacun des trois axes.

6.16 Compatibilité électromagnétique

6.16.1 Généralités

Le *comparateur de phase* doit fonctionner sans dégradation anormale dans un environnement électromagnétique typique des lieux dans lesquels il est prévu qu'il fonctionne.

6.16.2 Décharge électrostatique

Le *comparateur de phase* doit être résistant aux décharges électrostatiques. Il doit satisfaire aux essais spécifiés en 7.18 avec le niveau d'essai suivant et la classification qui en résulte:

- niveau d'essai: 3 (contact 6 kV, dans l'air 8 kV);
- classification: B.

6.16.3 Immunité aux champs électromagnétiques rayonnés

Le *comparateur de phase* doit satisfaire aux essais spécifiés en 7.19 avec le niveau d'essai suivant et la classification qui en résulte:

- niveau d'essai: 3;
- niveau du champ électrique: 10 V/m;
- plage de fréquences: 80 MHz à 3 GHz;
- classification: B.

6.17 Rigidité diélectrique

6.17.1 Généralités

Le présent paragraphe comporte des exigences relatives à la tension de tenue aux chocs de foudre, à la tension de tenue à la fréquence industrielle et à l'isolation pour le *comparateur de phase*.

6.17.2 Tension de tenue aux chocs de foudre

Le *comparateur de phase* doit résister à une tension de choc de foudre de 1 500 V normalisée (forme d'onde: 1,2/50 µs).

6.17.3 Tension de tenue à la fréquence industrielle

Le *comparateur de phase* doit résister à une tension alternative de 120 V entre les entrées de signal et la connexion de terre, pendant une durée minimale de 1 min.

NOTE Cette valeur est considérée comme la valeur de tension maximale entre phases aux *points de contrôle* du *VDIS*.

6.17.4 Tension de tenue de l'isolation

Le *comparateur de phase* doit résister à une tension alternative de 2 kV entre les entrées reliées entre elles et l'enceinte, pendant une durée minimale de 1 min conformément à 7.10.5 de l'IEC 62271-1:2017.

6.18 Marquage

Le marquage doit être lisible et permanent et peut être imprimé, gravé ou moulé sur le boîtier du *comparateur de phase*.

Le marquage suivant, au moins, doit être apposé sur le boîtier du *comparateur de phase* en caractères d'au moins 3 mm de hauteur:

- IEC 62271-215: 2021 (année);
- symbole de mise à la terre (IEC 60417-5017 [2006-08] – borne de terre) pour la connexion de *fiche* de signal de terre;
- type de système de couplage du *VDIS*: capacitif (symbole IEC 60417-6408 [2019-08]) ou résistif (symbole IEC 60417-6409 [2019-08]);
- constructeur ou marque commerciale;
- année de fabrication;
- fréquences assignées;
- emplacement du marquage pour la date de la dernière maintenance, le cas échéant;
- classe ("A" ou "B").

7 Essais de type

7.1 Généralités

7.1.1 Informations à inclure dans le rapport d'essais de type

Le rapport d'essais de type doit comprendre au moins les informations suivantes:

- informations détaillées du montage d'essai (y compris schéma du circuit d'essai);
- constructeur, type, numéros de série et caractéristiques assignées du dispositif soumis aux essais.

7.1.2 Conditions d'essai

Sauf spécification contraire dans les paragraphes concernant les essais individuels, les *essais de type* doivent être effectués dans les conditions atmosphériques normalisées suivantes:

- température ambiante: 15 °C à 40 °C;
- humidité relative: 45 % à 75 %;

– pression atmosphérique: 86 kPa à 106 kPa.

Pour les essais diélectriques, les facteurs de correction atmosphérique indiqués dans l'IEC 60060-1 doivent être utilisés, le cas échéant.

Des *essais de type* doivent être effectués sur trois *comparateurs de phase* (objets d'essai). Si un objet d'essai ne satisfait pas à l'un des *essais de type* énumérés dans le Tableau 1, l'ensemble des *essais de type* énumérés dans le Tableau 1 doit être renouvelé sur trois objets d'essai supplémentaires. Si de nouveau un objet d'essai ne satisfait pas à l'*essai de type*, le *comparateur de phase* est rejeté.

Pour toutes les valeurs exigées, des écarts de $\pm 5\%$ sont admissibles, sauf spécification contraire dans les paragraphes concernant les essais individuels.

7.1.3 Liste des essais

Les *essais de type* doivent être effectués comme cela est indiqué dans le Tableau 1 et le Tableau 2.

Les *essais de type* du Tableau 1 doivent être effectués selon la séquence donnée et avec le même objet d'essai.

Tableau 1 – Séquence des *essais de type*

#	Type d'essai	Exigences	Essai de type	Essai de type effectué à toutes les fréquences assignées pour lesquelles le comparateur de phase est conçu
1	Examen visuel	6.2, 6.9, 6.15.2, 6.18, 11.2	7.3	Non
2	Rigidité diélectrique	6.17	7.4	Non
3	Résistance aux vibrations	6.15.3	7.15	Non
4	Chute	6.15.5	7.17	Non
5	Degré de protection (code IP)	6.13	7.14	Non
6	"Concordance de phase" et "discordance de phase"	6.5	7.5, 7.6	Oui
7	Perceptibilité	6.5.7	7.10	Oui
8	Efficacité du <i>dispositif d'essai</i> pour un <i>comparateur de phase</i> avec alimentation incorporée, le cas échéant	6.7	7.21	Non
9	Indication jusqu'à la décharge de l'alimentation pour un <i>comparateur de phase</i> avec alimentation incorporée, le cas échéant	6.5.4, 6.6	7.20	Non
10	Fonctionnement couvert dans la plage de températures	6.14.2	7.12	Non

Les *essais de type* donnés dans le Tableau 2 peuvent être effectués sans aucune séquence et peuvent être réalisés avec des objets d'essai différents.

Tableau 2 – Liste des *essais de type* sans séquence

#	Type d'essai	Exigences	Essai de type	Essai de type effectué à toutes les fréquences assignées pour lesquelles le comparateur de phase est conçu
11	Temps de réponse	6.5.6	7.9	Oui
12	Essai cyclique composite température/humidité	6.14.3	7.13	Non
13	Impact mécanique (code IK)	6.15.4	7.16	Non
14	Compatibilité électromagnétique	6.16	7.18, 7.19	Non
15	Tolérance de la fréquence assignée	6.11	7.7	Oui
16	Glissement de la fréquence	6.12	7.8	Oui
17	Essai de sélection de la fréquence	6.10	7.11	Oui
18	Durabilité du marquage	6.18	7.22	Non

7.2 Valeurs d'essai

Lorsqu'une source de tension d'essai alternative est exigée, tous les essais doivent être effectués à une fréquence assignée pour laquelle le comparateur de phase est conçu.

Tous les courants et les tensions alternatifs définis dans le présent document doivent être exprimés en valeurs efficaces.

Dans tous les essais affectant l'indication, la valeur efficace des harmoniques de la tension d'essai ne doit pas excéder 3 % de la fréquence fondamentale.

Pour toutes les valeurs exigées, des écarts de ± 5 % sont admissibles, sauf spécification contraire dans les paragraphes concernant les essais individuels.

7.3 Examen

Il faut vérifier si les exigences suivantes sont satisfaites, par un examen visuel, une mesure ou toute autre méthode de vérification:

- disposition selon 6.2;
- sondes selon 6.9;
- marquage selon 6.18;
- instructions d'emploi selon 11.2;
- assemblage selon 6.15.2.

7.4 Essais diélectriques

7.4.1 Généralités

Les essais diélectriques doivent être effectués conformément à l'IEC 60060-1, sauf spécification contraire dans le présent document.

7.4.2 Essai de tension de choc de foudre

L'objet d'essai doit être soumis à des essais de tension de choc de foudre à sec seulement. Les essais doivent être effectués avec des tensions définies en 6.17.2 des deux polarités au moyen du choc de foudre 1,2/50 μ s normalisé, conformément à l'IEC 61000-4-5.

La source doit être raccordée aux connexions d'entrées de phase et de terre du *comparateur de phase*.

L'essai est considéré comme satisfaisant si le *comparateur de phase* fonctionne correctement, conformément à 7.5.2 et à 7.5.3.

7.4.3 Essai de tension à la fréquence industrielle

Une source de tension pouvant fournir (120 ± 5) V en courant alternatif doit être raccordée aux entrées de phase reliées entre elles et à la terre.

La tension d'essai doit être augmentée pour chaque condition d'essai conformément à 6.17.3 jusqu'à la valeur d'essai et maintenue pendant 1 min.

L'essai est considéré comme satisfaisant si le *comparateur de phase* fonctionne correctement, conformément à 7.5.2 et à 7.5.3.

7.4.4 Essai de tension de tenue du *comparateur de phase*

L'objet d'essai doit être soumis à des essais de tension de tenue de courte durée à la fréquence industrielle conformément à l'IEC 60060-1. La tension d'essai doit être augmentée pour chaque condition d'essai conformément à 6.17.4 jusqu'à la valeur d'essai et maintenue pendant 1 min.

La source doit être raccordée entre toutes les entrées et le boîtier. Si le boîtier est en matériau isolant, une couche conductrice (une feuille d'aluminium, par exemple) doit être appliquée sur le boîtier à une distance maximale possible des entrées au niveau du boîtier.

L'essai est considéré comme satisfaisant si le *comparateur de phase* fonctionne correctement, conformément à 7.5.2 et à 7.5.3.

7.5 Indication et perceptibilité

7.5.1 Montage et procédure d'essais d'indication certaine

Pour l'essai de l'indication claire dans la totalité de la plage des tensions d'entrée, le *comparateur de phase* doit être raccordé dans l'une des deux configurations, représentées à la Figure 9 et à la Figure 10.

Les tensions doivent être réglées aux valeurs $U_1 = U_{t \max}$ et $U_2 = 6 \times U_{t \max}$.

La différence de 6 fois entre U_1 et U_2 est la différence de tension maximale qui peut apparaître, sur la base de la combinaison des valeurs des Tableaux 1, 2 et 3 de l'IEC 62271-213:2021.

Il doit être possible de faire varier l'angle de phase, φ , entre U_1 et U_2 pour obtenir des angles de phase compris entre $0^\circ \leq \varphi \leq 60^\circ$.