

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Live working – Minimum approach distances –
Part 2: Method of determination of the electrical component distance for AC
systems from 1,0 kV to 72,5 kV**

**Travaux sous tension – Distances minimales d'approche –
Partie 2: Méthode de détermination de la distance du composant électrique pour
les réseaux en courant alternatif de tension comprise entre 1,0 kV et 72,5 kV**



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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.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

**Live working – Minimum approach distances –
Part 2: Method of determination of the electrical component distance for AC
systems from 1,0 kV to 72,5 kV**

**Travaux sous tension – Distances minimales d'approche –
Partie 2: Méthode de détermination de la distance du composant électrique pour
les réseaux en courant alternatif de tension comprise entre 1,0 kV et 72,5 kV**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 13.260; 29.240.99; 29.260.99

ISBN 978-2-8322-9220-4

**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.....	3
1 Scope.....	5
2 Normative references	5
3 Terms and definitions	5
4 Minimum approach distance, D_A	6
5 Factors influencing the minimum approach distance	7
5.1 Control of system overvoltages	7
5.2 Statistical overvoltage.....	7
5.3 Conductive floating object.....	8
5.4 Insulators.....	8
5.5 Determination of minimum electrical distance, D_U	8
6 Example calculation	8
Annex A (informative) Overtages	11
A.1 General.....	11
A.2 Highest voltage of a system.....	11
A.3 Temporary overvoltage	11
A.4 Transient overvoltage.....	12
A.4.1 General	12
A.4.2 Switching overvoltage	12
A.4.3 Lightning overvoltages	13
Annex B (informative) Ergonomic considerations	14
B.1 General.....	14
B.2 Training, knowledge and skill.....	14
B.3 Protective barriers	14
B.4 Possibility of error	14
B.5 Work procedure	14
B.6 Personal factors.....	15
B.7 Monitoring.....	15
Bibliography.....	16
Table 1 – Distance for rod-to-rod gap from IEEE 516-2009	9
Table 2 – Phase-to-earth electrical distance for system voltages from 1,0 kV up to and including 72,5 kV, $u_{e2} = 3,5$	9
Table 3 – Phase-to-phase electrical distances for system voltages from 1,0 kV up to and including 72,5 kV, $u_{p2} = 5,2$	10

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**LIVE WORKING –
MINIMUM APPROACH DISTANCES –****Part 2: Method of determination of the electrical component
distance for AC systems from 1,0 kV to 72,5 kV**

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 61472-2 has been prepared by IEC technical committee technical committee 78: Live working.

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

FDIS	Report on voting
78/1319/FDIS	78/1326/RVD

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

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

A list of all parts in the IEC 61472 series, published under the general title *Live working – Minimum approach distances*, 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 "<http://webstore.iec.ch>" in the data related to the specific document. At this date, the document will be

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61472-2:2021

LIVE WORKING – MINIMUM APPROACH DISTANCES –

Part 2: Method of determination of the electrical component distance for AC systems from 1,0 kV to 72,5 kV

1 Scope

This part of IEC 61472 specifies a method for determining the electrical component of the minimum approach distances for live working, for AC systems 1 kV up to and including 72,5 kV. This document addresses system overvoltages and the working air distances between equipment and/or workers at different potentials.

The withstand voltage and minimum approach distances determined by the method described in this document can be used only if the following working conditions prevail:

- workers are trained for, and skilled in, working live lines or close to live conductors or equipment;
- the operating conditions are adjusted so that the statistical overvoltage does not exceed the value selected for the determination of the required withstand voltage;
- transient overvoltages are the determining overvoltages;
- tool insulation has no continuous film of moisture present on the surface;
- no lightning is observed within 10 km of the work site;
- allowance is made for the effect of the conducting components of tools.

NOTE In some countries, special procedures have been developed to permit live working with surface moisture on tools at distribution voltages (below 50 kV).

2 Normative references

There are no normative references in this document.

3 Terms and definitions

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

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

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

3.1

highest voltage of a system

U_s

highest value of operating voltage (phase-to-phase voltage) which occurs under normal operating conditions at any time and any point in the system

Note 1 to entry: Transient overvoltages and permanent induction from adjacent lines are not taken into account in the calculation formula

[SOURCE: IEC 60050-601:1985, 601-01-23, modified – the symbol U_s and the words "(phase-to-phase voltage)" have been added, and Note 1 has been revised.]

3.2

transient overvoltage

short duration overvoltage of a few milliseconds or less, oscillatory or non-oscillatory, usually highly damped

[SOURCE: IEC 60050-614:2016, 614-03-14]

3.3

nominal system voltage

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

[SOURCE: IEC 60038:2009, 3.1]

3.4

per unit statistical overvoltage phase-to-earth

u_{e2}

phase-to-earth per unit overvoltage that has a 2 % probability of being exceeded

3.5

per unit statistical overvoltage phase-to-phase

u_{p2}

per unit overvoltage that has a 2 % probability of being exceeded

3.6

statistical overvoltage

U_2

overvoltage that has a 2 % probability of being exceeded

3.7

minimum approach distance

D_A

minimum electrical and ergonomic distance in air to be maintained between any part of the body of a worker, or any conductive tool being directly handled, and any live conductors or equipment at different potentials

3.8

electrical distance

D_U

electrical component of the minimum air distance between two electrodes which represent live and/or earthed conductors or equipment, required to prevent sparkover under the most severe electrical stress that will arise under the chosen conditions

3.9

ergonomic distance

D_E

distance in air added to the electrical distance, to take into account inadvertent movement and errors in judgement of distances while performing work

[SOURCE: IEC 60050-651:2014, 651-21-13, modified – the symbol D_E has been added.]

4 Minimum approach distance, D_A

The minimum approach distance, D_A , is determined by:

$$D_A = D_U + D_E \quad (1)$$

where

D_U is the required minimum electrical distance, and

D_E is the required ergonomic distance which is dependent on work procedures, level of training, skill of the workers, type of construction, and such contingencies as inadvertent movement and errors in appraising distances (see Annex B for details).

5 Factors influencing the minimum approach distance

5.1 Control of system overvoltages

The maximum amplitude of overvoltages in the work area can be reduced by the usual practice of making the circuit-breaker reclosing devices inoperative, or by using protective gaps or surge arresters.

5.2 Statistical overvoltage

The electrical stress at the work area shall be known. The electrical stress is described as the statistical overvoltage that can be present at the work area. In a three-phase AC power system the statistical overvoltage U_{e2} between phase and earth is:

$$U_{e2} = \left(\sqrt{2} / \sqrt{3} \right) U_s u_{e2} \quad (2)$$

where

U_s is the highest voltage of the system, and

u_{e2} is the statistical overvoltage phase-to-earth expressed in per unit.

Similarly:

$$U_{p2} = \left(\sqrt{2} / \sqrt{3} \right) U_s u_{p2} \quad (3)$$

where

u_{p2} is the statistical overvoltage phase-to-phase expressed in per unit.

If the per unit phase-to-phase data are not available, an approximate value can be derived from u_{e2} by the following formula:

$$u_{p2} = 1,35 u_{e2} + 0,45 \quad (4)$$

The transient overvoltages to be considered are those caused by system faults and switching operations, whether they occur on the lines being worked, or on adjacent lines or associated equipment.

The values of statistical overvoltages shall be those measured or determined by a transient network analyzer (TNA) or by digital computer studies. If such studies do not provide the statistical overvoltages (2 % values) but only the "truncated values", without the statistical distribution, the transformation of the truncated values into 2 % values can be made.

Application and typical values of statistical overvoltages are shown in Annex A, for use when no other values are available.

5.3 Conductive floating object

The conductive floating object(s) is(are) accounted for by the distance F which is the sum of all dimensions, in the direction of the gap axis of the conductive floating object(s) in the air gap. This distance is considered in the determination of the minimum approach distance, D_A :

$$D_A = D_U + D_E + F \quad (5)$$

5.4 Insulators

The influence of metallic caps and pins of suspension insulators is negligible and shall be ignored.

5.5 Determination of minimum electrical distance, D_U

The minimum electrical distance is determined from the impulse rod-to-rod withstand voltage of IEEE 516-2009, Table 1, and presented in Table 2 and Table 3. For systems using other per unit overvoltage factors the minimum electrical distance may be derived from Table 1 using linear interpolation.

6 Example calculation

Determine the minimum phase-to-earth electrical distance, D_U , for a 20 kV system. The highest system voltage for this example is chosen to be 1,05 times the nominal system voltage (see Clause A.3):

$$U_s = 21 \text{ kV}$$

Applying the per unit statistical overvoltage factor, $u_{e2} = 3,5$ to the highest system peak phase-to-earth voltage using Formula (2), the statistical overvoltage becomes

$$U_{e2} = 60 \text{ kV}$$

Interpolating from the data of Table 1:

$$66,3 \text{ kV} - 58,6 \text{ kV} = 7,7 \text{ kV}$$

and correspondingly

$$6 \text{ cm} - 5 \text{ cm} = 1 \text{ cm or } 10 \text{ mm.}$$

Therefore the distance for 60 kV is found by:

$$10 \text{ mm} / 7,7 \text{ kV} = 1,3 \text{ mm/kV}$$

$$66,3 \text{ kV} - 60 \text{ kV} = 6,3 \text{ kV}$$

$$6,3 \text{ kV} \times 1,3 \text{ mm/kV} = 8 \text{ mm}$$

$$60 \text{ mm} - 8 \text{ mm} = 52 \text{ mm or } 5,2 \text{ cm.}$$

Table 1 – Distance for rod-to-rod gap from IEEE 516-2009

Impulse (TOV) rod-to-rod withstand (kV peak)	60 Hz rod-to-rod sparkover (kV peak)	Gap spacing from IEEE Std 4:1995 (cm)
27,6	25	2
39,8	36	3
50,8	46	4
58,6	53	5
66,3	60	6
77,4	70	8
87,3	79	10
95	86	12
105	95	14
115	104	16
123,8	112	18
132,6	120	20
158	143	25
184,5	167	30
212,2	192	35
240,9	218	40
268,5	243	45
298,4	270	50
355,8	322	60

Table 2 – Phase-to-earth electrical distance for system voltages from 1,0 kV up to and including 72,5 kV, $u_{e2} = 3,5$ ^{a)}

Highest system voltage U_s kV (RMS)	Statistical overvoltage U_{e2} kV (peak)	Electrical distance ^{b)} D_U mm
> 1,0	2,9	20 ^{c)}
12,5	36	27
17,5	50	40
24,0	69	64
26,4	75	76
36,0	103	136
40,5	116	162
52,0	149	232
72,5	207	341

a) Refer to A.4.2.

b) IEEE 516-2009, Table 2, impulse (TOV) rod-rod withstand (kV peak).

c) This distance is beyond the range of data from IEEE 516-2009, Table 2, and is considered acceptable for application.

Table 3 – Phase-to-phase electrical distances for system voltages from 1,0 kV up to and including 72,5 kV, $u_{p2} = 5,2$ ^{a)}

Highest system voltage U_s kV (RMS)	Statistical overvoltage U_{p2} kV (peak)	Electrical distance ^{b)} D_U mm
> 1,0	4,2	20 ^{c)}
12,5	53	43
17,5	74	74
24,0	101	133
26,4	112	153
36,0	152	238
40,5	171	275
52,0	220	363
72,5	306	514
^{a)} $u_{p2} = 1,35 u_{e2} + 0,45$. Refer to A.4.2. ^{b)} IEEE 516-2009, Table 2, impulse (TOV) rod-rod withstand (kV peak). ^{c)} This distance is beyond the range of data from IEEE 516-2009, Table 2, and is considered acceptable for application.		

Other distances may be used according to particular system requirements.

Annex A (informative)

Overvoltages

A.1 General

In establishing the minimum approach distance five distinct types of electrical stresses are considered. Each type of stress has its own influence; all may not be present at any one time. They are as follows:

- 1) nominal system voltage (see 3.3);
- 2) highest voltage of a system U_s (see 3.1);
- 3) temporary overvoltage (IEC 60050-614:2016, 614-03-13);
- 4) transient overvoltage (see 3.2):
 - switching;
 - lightning;
- 5) induced voltage:
 - power frequency electrical (capacitive);
 - power frequency magnetic (inductive);
 - transient.

A discussion follows of the essential points associated with each electrical stress as related to the minimum approach distance.

Nominal system voltages are presented in IEC 60038. These voltages are associated with standard ranges. Actual system voltages may not follow these guidelines.

A.2 Highest voltage of a system

In reality, the calculation of the overvoltage is based on the highest voltage of a system, U_s , which is specific to the operating system and may or may not be known. Unless its actual value is known, U_s may be derived from the nominal voltage of the system by using the corresponding value of the highest voltage for equipment, U_m , given in IEC 60038, i.e. the highest RMS value of the phase-to-phase voltage for which the equipment is designed.

A.3 Temporary overvoltage

A temporary overvoltage can be generated by system faults, resonance, sudden load rejection and some other operating conditions. Its most common and significant use in establishing the minimum approach distance is for earth fault-generated overvoltage, which arises on the unfaulted phases and can reach 1,7 per unit at the fault point on some systems.

A.4 Transient overvoltage

A.4.1 General

A transient overvoltage has a shape which can be regarded for the minimum approach distance as that associated with a number of factors, including:

- energization;
- fault initiation;
- fault clearing;
- de-energizing and reclosing of a portion of the transmission system or its equipment (e.g. transformers or capacitor banks).

In systems with high earth fault factors (e.g. in resonant earthed or unearthed neutral systems), transient overvoltages due to earth faults are considered.

Transient overvoltages that can appear at the work site vary considerably in shape and magnitude, but they are generally highly damped and of short duration.

A.4.2 Switching overvoltage

The maximum switching overvoltages that can reach the work site are usually due to switching of the line or equipment on which work is being performed. When feasible, the reclosing devices are made inoperative during live working, so that the line is not re-energized should it trip while work is in progress. This serves two purposes. Firstly, should there be an accidental flashover in the work area, it allows time for workers to safeguard the work area before re-energization of the installation. Secondly, it limits the source of maximum overvoltages to de-energizing transients, except in the exceptionally rare instance of a circuit-breaker restriking.

The magnitude of the switching overvoltage depends on the performance of the circuit-breaker and the electrical characteristics of the line. Therefore, it varies from one system to another. With circuit-breakers using closing, reclosing and opening resistors, or when metal oxide surge arresters are installed and operating properly, the magnitude is highly reduced.

The value of switching overvoltages for each voltage level of a power system can be determined by a transient network analyzer (TNA) or a digital computer study. Such a study should provide a value for the 2 % statistical overvoltage U_2 from which the minimum approach distance can then be determined. Where statistical overvoltage for the system is unknown, a value of 3,5 per unit is suggested. If the overall maximum per unit overvoltage is known, this value is taken to be the truncated value, that is, the value beyond which no overvoltages occur and which is taken (IEC 60071-2) to be three deviations above the mean.

The following empirical relationships given in IEC 60071-2 can then be used to estimate the 2 % statistical overvoltage U_2 from the truncated values (using the "phase-peak" method in each case).

For phase-to-earth overvoltages:

For the 2 % statistical overvoltage u_{e2} in per unit:

standard deviation	$\sigma_e = 0,25 (u_{e2} - 1)$
truncated value	$u_{et} = 1,25 u_{e2} - 0,25$

hence:

$$u_{e2} = (u_{et} + 0,25) / 1,25$$

For phase-to-phase overvoltages:

For the 2 % statistical overvoltage phase-to-phase u_{p2} :

$$\text{standard deviation} \quad \sigma_p = 0,25 (u_{p2} - 1,73)$$

$$\text{truncated value} \quad u_{pt} = 1,25 u_{p2} - 0,43$$

hence:

$$u_{p2} = (u_{pt} + 0,43) / 1,25$$

If the per unit phase-to-phase data are not available, an approximate value can be derived from u_{e2} by the following formula:

$$u_{p2} = 1,35 u_{e2} + 0,45$$

A.4.3 Lightning overvoltages

Work on or near live or dead lines or equipment should not be done when lightning is perceived in the immediate vicinity (e.g. 5 km to 10 km). A remote storm, not noticeable to the workers, can cause an overvoltage on the live installations. Such an overvoltage is attenuated as it travels toward the work area. It can also double at the remote open end of a line. For safe working, the overvoltage shall be less than the value of the withstand strength at the work area. This is the case when the work area is more than 10 km away from the source of the lightning strike, even with an open-ended line. Since lightning can usually be visually or audibly detected at this distance, live work should not be conducted if lightning can be seen or thunder heard.

NOTE If lightning causes a fault anywhere on a system, there will be a fault-generated overvoltage, an opening overvoltage and, if reclosing is not inoperative, a more severe closing overvoltage will also result. These events stress all the insulation at the work area.

Annex B (informative)

Ergonomic considerations

B.1 General

Two approaches, or a blend of both, can be used to establish an ergonomic safety margin:

- specify only an absolute smallest minimum approach distance and let the skilled worker decide the extra distance required for the particular job to be done;
- specify a complete minimum approach distance allowing a sufficient safety margin to account for all possible contingencies.

A number of factors should be considered before specifying the minimum approach distance, or commencing work close to a live conductor. As it is impractical and inappropriate to recommend an ergonomic distance here, the following points are provided as guidelines for consideration by individual organizations.

B.2 Training, knowledge and skill

Basic to live working is knowledge of the hazards and means of personal protection, by minimum approach distances and other methods. Workers are thoroughly trained in live work and in the job at hand before live work at the smallest approach distance is begun. During work, attention is given to the work and observing the minimum approach distance. Adequate training and practice in the work procedure will reduce the possibility of attention being diverted from observing the minimum approach distance by unexpected situations.

B.3 Protective barriers

Barriers, such as flexible or rigid covers may be placed between the worker and the energized equipment to provide the required insulation level, or merely serve as a mechanical barrier.

B.4 Possibility of error

The possibility of errors being committed during the work depends on the work procedure being used, personal factors, effects of the environment and the extent to which the workers' actions are monitored by others.

B.5 Work procedure

Different work positions and methods will require different allowances for unintentional movement, for example, working beneath a live conductor is less hazardous than working alongside it. The stability of the worker's position can also vary from task to task, for example, working above the ground, compared with working on the ground. A complex or strenuous job is also more likely to divert the worker's attention away from observing the minimum approach distance.

Because of these factors, consideration could be given to using a different minimum approach distance for different work situations or procedures.

Strict adherence to safe work procedures is emphasized when work is undertaken at the smallest minimum approach distance.

B.6 Personal factors

A worker's physical, mental and emotional states are also possible causes for unintentional movement. These factors are, in turn, influenced by the duration and strenuousness of the job, for instance. Live working requires constant attention, both to the procedures and the minimum approach distance, attention which can be readily distracted by personal factors. A worker who is in any way impaired should not be permitted to work at the smallest minimum approach distance.

A worker's ability to judge the minimum approach distance correctly is also important. For this reason it can be beneficial to increase the ergonomic distance with the voltage. However, too large a distance at high voltages will make small components on the live conductors difficult to see, and tools heavier to handle.

Workers should not wear clothing with loose parts that could fall, blow or swing close to the live conductors.

B.7 Monitoring

To warn workers of dangerous situations arising during the work, it can be very beneficial to require continuous monitoring by an observer, located at some distance from the work. Failing that, the workers should be encouraged to describe aloud to one another each step in the work procedure before taking it. The procedure to be followed should also be detailed and discussed between the foreman and workers before commencing work.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61472-2:2021

Bibliography

IEC 60038:2009, *IEC standard voltages*

IEC 60050-601:1985, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 601: Generation, transmission and distribution of electricity – General*

IEC 60050-614:2016, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 614: Generation, transmission and distribution of electricity – Operation*

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

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

IEC 60071-1:2019, *Insulation co-ordination – Part 1: Definitions, principles and rules*

IEC 60071-2:2018, *Insulation co-ordination – Part 2: Application guidelines*

IEC 61472:2013, *Live working – Minimum approach distances for a.c. systems in the voltage range 72,5 kV to 800 kV – A method of calculation*

IEC 61477:2009, *Live working – Minimum requirements for the utilization of tools, devices and equipment*

CIGRÉ, Brochure No. 72: *Guidelines for the evaluation of the dielectric strength of the external insulation*

IEEE 516-2009, *Guide for Maintenance Methods on Energized Power Lines*

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61472-2:2021

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	19
1 Domaine d'application	21
2 Références normatives	21
3 Termes et définitions	21
4 Distance minimale d'approche, D_A	23
5 Facteurs ayant un impact sur la distance minimale d'approche	23
5.1 Contrôle des surtensions de réseau	23
5.2 Surtension statistique	23
5.3 Objet conducteur à potentiel flottant	24
5.4 Isolateurs	24
5.5 Détermination de la distance électrique minimale, D_U	24
6 Exemple de calcul	24
Annexe A (informative) Surtensions	27
A.1 Généralités	27
A.2 Tension la plus élevée d'un réseau	27
A.3 Surtension temporaire	27
A.4 Surtension transitoire	28
A.4.1 Généralités	28
A.4.2 Surtension de manœuvre	28
A.4.3 Surtensions de foudre	29
Annexe B (informative) Considérations ergonomiques	30
B.1 Généralités	30
B.2 Formation, connaissance et qualification	30
B.3 Barrières de protection	30
B.4 Possibilité d'erreur	30
B.5 Procédure de travail	30
B.6 Facteurs personnels	31
B.7 Surveillance	31
Bibliographie	32
Tableau 1 – Distance pour l'intervalle entre tiges de l'IEEE 516-2009	25
Tableau 2 – Distance électrique phase-terre pour les tensions de réseau comprises entre 1,0 kV et 72,5 kV inclus, $u_{e2} = 3,5$ a)	25
Tableau 3 – Distances électriques entre phases pour les tensions de réseau comprises entre 1,0 kV et 72,5 kV inclus, $u_{p2} = 5,2$ a)	26

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

TRAVAUX SOUS TENSION – DISTANCES MINIMALES D'APPROCHE –

Partie 2: Méthode de détermination de la distance du composant électrique pour les réseaux en courant alternatif de tension comprise entre 1,0 kV et 72,5 kV

AVANT-PROPOS

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

La Norme internationale IEC 61472-2 a été établie par le comité d'études 78 de l'IEC: Travaux sous tension.

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

FDIS	Rapport de vote
78/1319/FDIS	78/1326/RVD

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

Ce document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 61472, publiées sous le titre général *Travaux sous tension – Distances minimales d'approche*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

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

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61472-2:2021

TRAVAUX SOUS TENSION – DISTANCES MINIMALES D'APPROCHE –

Partie 2: Méthode de détermination de la distance du composant électrique pour les réseaux en courant alternatif de tension comprise entre 1,0 kV et 72,5 kV

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 61472 spécifie une méthode de détermination du composant électrique des distances minimales d'approche pour les travaux sous tension sur des réseaux en courant alternatif dont la tension est comprise entre 1 kV et 72,5 kV inclus. Le présent document traite des surtensions de réseau et des distances de travail dans l'air entre des équipements et/ou des travailleurs à des potentiels différents.

La tension de tenue et les distances minimales d'approche déterminées suivant la méthode décrite dans le présent document peuvent être utilisées uniquement si les conditions de travail suivantes prévalent:

- les travailleurs sont formés et qualifiés pour intervenir sur des lignes sous tension ou à proximité de conducteurs ou d'équipements sous tension (et sont compétents en la matière);
- les conditions de fonctionnement sont ajustées de sorte que la surtension statistique ne dépasse pas la valeur choisie pour déterminer la tension de tenue exigée;
- les surtensions transitoires sont les surtensions déterminantes;
- l'isolation des outils ne présente pas sur la surface un film continu d'humidité;
- aucun éclair n'est observé à moins de 10 km du lieu de travail;
- l'influence des parties conductrices des outils est prise en compte.

NOTE Dans certains pays, des procédures particulières ont été développées pour permettre le travail sous tension en présence d'humidité superficielle sur les outils aux tensions de distribution (inférieures à 50 kV).

2 Références normatives

Le présent document ne contient aucune référence normative.

3 Termes et définitions

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

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

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

3.1

tension la plus élevée d'un réseau

U_s

valeur la plus élevée de la tension (tension entre phases) qui se présente à un instant et en un point quelconque du réseau dans des conditions d'exploitation normales

Note 1 à l'article: Les surtensions transitoires et l'induction permanente à partir des lignes adjacentes ne sont pas prises en compte dans le calcul.

[SOURCE: IEC 60050-601:1985, 601-01-23, modifiée – Le symbole U_s et les mots "(tension entre phases)" ont été ajoutés, et la Note 1 a été modifiée.]

3.2

surtension transitoire

surtension de courte durée, ne dépassant pas quelques millisecondes, oscillatoire ou non, généralement fortement amortie

[SOURCE: IEC 60050-614:2016, 614-03-14]

3.3

tension nominale de réseau

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

[SOURCE: IEC 60038:2009, 3.1]

3.4

surtension statistique phase-terre par unité

u_{e2}

surtension par unité phase-terre ayant 2 % de probabilité d'être dépassée

3.5

surtension statistique entre phases par unité

u_{p2}

surtension par unité ayant 2 % de probabilité d'être dépassée

3.6

surtension statistique

U_2

surtension ayant 2 % de probabilité d'être dépassée

3.7

distance minimale d'approche

D_A

distance électrique et ergonomique minimale dans l'air à maintenir entre le corps d'un travailleur, ou un outil conducteur qu'il manipule directement, et des conducteurs ou équipements sous tension à des potentiels différents

3.8

distance électrique

D_U

composante électrique de la distance minimale dans l'air entre deux électrodes qui représentent les conducteurs ou équipements sous tension et/ou mis à la terre, exigée pour éviter l'amorçage sous la contrainte électrique la plus sévère qui se produit dans les conditions choisies

3.9

distance ergonomique

D_E

distance dans l'air, ajoutée à la distance électrique, tenant compte des mouvements involontaires et des erreurs de jugement des distances pendant l'exécution du travail

[SOURCE: IEC 60050-651:2014, 651-21-13, modifiée – Le symbole D_E a été ajouté.]

4 Distance minimale d'approche, D_A

La distance minimale d'approche, D_A , est déterminée par:

$$D_A = D_U + D_E \quad (1)$$

où

D_U est la distance électrique minimale exigée, et

D_E est la distance ergonomique exigée qui dépend des procédures de travail, du niveau de formation, des compétences des travailleurs, du type de construction et des éventualités telles que les mouvements involontaires et les erreurs d'appréciation des distances (voir l'Annexe B pour plus de détails).

5 Facteurs ayant un impact sur la distance minimale d'approche

5.1 Contrôle des surtensions de réseau

L'amplitude maximale des surtensions dans la zone de travail peut être réduite en désactivant les dispositifs de réenclenchement du disjoncteur ou en utilisant des éclateurs de protection ou des parafoudres.

5.2 Surtension statistique

La contrainte électrique dans la zone de travail doit être connue. La contrainte électrique est caractérisée par la surtension statistique qui peut exister dans la zone de travail. Dans un réseau alternatif triphasé, la surtension statistique U_{e2} entre phase et terre est:

$$U_{e2} = (\sqrt{2} / \sqrt{3}) U_s u_{e2} \quad (2)$$

où

U_s est la tension la plus élevée du réseau, et

u_{e2} est la surtension statistique phase-terre exprimée par unité.

De la même manière:

$$U_{p2} = (\sqrt{2} / \sqrt{3}) U_s u_{p2} \quad (3)$$

où

u_{p2} est la surtension statistique entre phases exprimée par unité.

Si la valeur par unité de la surtension entre phases n'est pas disponible, une valeur approchée peut être déduite à partir de u_{e2} par la formule suivante:

$$u_{p2} = 1,35 u_{e2} + 0,45 \quad (4)$$

Les surtensions transitoires à prendre en considération sont celles provoquées par des défauts dans le réseau et par des manœuvres, si elles se produisent sur des lignes faisant l'objet d'une intervention ou sur des lignes adjacentes ou équipements associés.

Les valeurs des surtensions statistiques doivent être celles mesurées ou déterminées par un analyseur de réseau transitoire (TNA, *transient network analyzer*) ou dans le cadre d'études avec un calculateur numérique. Si ces études ne fournissent pas les surtensions numériques (valeurs de 2 %), mais uniquement pour les "valeurs tronquées", sans la répartition statistique, les valeurs tronquées peuvent être transformées en valeurs de 2 %.

Les valeurs d'application et les valeurs classiques des surtensions statistiques sont présentées à l'Annexe A, et sont utilisées lorsqu'aucune autre valeur n'est disponible.

5.3 Objet conducteur à potentiel flottant

Les objets conducteurs à potentiel flottant sont pris en considération par la distance F égale à la somme de toutes les dimensions, dans la direction de l'axe de l'intervalle des objets conducteurs à potentiel flottant dans l'intervalle d'air. Cette distance est prise en considération lors de la détermination de la distance minimale d'approche, D_A :

$$D_A = D_U + D_E + F \quad (5)$$

5.4 Isolateurs

L'influence des capots et des tiges métalliques des isolateurs de suspension est négligeable et doit être ignorée.

5.5 Détermination de la distance électrique minimale, D_U

La distance électrique minimale est déterminée à partir de la tension de tenue aux chocs entre tiges (Tableau 1 de l'IEEE 516-2009) et est présentée dans le Tableau 2 et le Tableau 3. Pour les réseaux utilisant d'autres facteurs de surtension par unité, la distance électrique minimale peut être déduite du Tableau 1 par interpolation linéaire.

6 Exemple de calcul

Déterminer la distance électrique minimale phase-terre, D_U , pour un réseau de 20 kV. Dans cet exemple, la tension de réseau la plus élevée choisie est égale à 1,05 fois la tension nominale du réseau (voir l'Article A.3):

$$U_s = 21 \text{ kV}$$

En appliquant le facteur de surtension statistique par unité, $u_{e2} = 3,5$ à la tension phase-terre crête la plus élevée du réseau à l'aide de la Formule (2), la surtension statistique devient

$$U_{e2} = 60 \text{ kV}$$

L'interpolation à partir des données du Tableau 1 donne:

$$66,3 \text{ kV} - 58,6 \text{ kV} = 7,7 \text{ kV}$$

et de manière correspondante

$$6 \text{ cm} - 5 \text{ cm} = 1 \text{ cm ou } 10 \text{ mm.}$$

Par conséquent, la distance pour 60 kV est déterminée de la manière suivante:

$$10 \text{ mm} / 7,7 \text{ kV} = 1,3 \text{ mm/kV}$$

$$66,3 \text{ kV} - 60 \text{ kV} = 6,3 \text{ kV}$$

$$6,3 \text{ kV} \times 1,3 \text{ mm/kV} = 8 \text{ mm}$$

$$60 \text{ mm} - 8 \text{ mm} = 52 \text{ mm ou } 5,2 \text{ cm.}$$

Tableau 1 – Distance pour l'intervalle entre tiges de l'IEEE 516-2009

Tenue aux chocs (TOV) entre tiges (kV crête)	Amorçage entre tiges de 60 Hz (kV crête)	Ecartement selon l'IEEE Std 4:1995 (cm)
27,6	25	2
39,8	36	3
50,8	46	4
58,6	53	5
66,3	60	6
77,4	70	8
87,3	79	10
95	86	12
105	95	14
115	104	16
123,8	112	18
132,6	120	20
158	143	25
184,5	167	30
212,2	192	35
240,9	218	40
268,5	243	45
298,4	270	50
355,8	322	60

Tableau 2 – Distance électrique phase-terre pour les tensions de réseau comprises entre 1,0 kV et 72,5 kV inclus, $u_{e2} = 3,5$ ^{a)}

Tension de réseau la plus élevée U_s kV (efficace)	Surtension statistique U_{e2} kV (crête)	Distance électrique ^{b)} D_U mm
> 1,0	2,9	20 ^{c)}
12,5	36	27
17,5	50	40
24,0	69	64
26,4	75	76
36,0	103	136
40,5	116	162
52,0	149	232
72,5	207	341

^{a)} Voir A.4.2.
^{b)} IEEE 516-2009 Tableau 2, tenue aux chocs (TOV) tige-tige (kV crête).
^{c)} Cette distance dépasse la plage de données de l'IEEE 516-2009, Tableau 2, et est considérée comme acceptable pour l'application.

Tableau 3 – Distances électriques entre phases pour les tensions de réseau comprises entre 1,0 kV et 72,5 kV inclus, $u_{p2} = 5,2$ ^{a)}

Tension de réseau la plus élevée U_s kV (efficace)	Surtension statistique U_{p2} kV (crête)	Distance électrique ^{b)} D_U mm
> 1,0	4,2	20 ^{c)}
12,5	53	43
17,5	74	74
24,0	101	133
26,4	112	153
36,0	152	238
40,5	171	275
52,0	220	363
72,5	306	514
^{a)} $u_{p2} = 1,35 u_{e2} + 0,45$. Voir A.4.2. ^{b)} IEEE 516-2009 Tableau 2, tenue aux chocs (TOV) tige-tige (kV crête). ^{c)} Cette distance dépasse la plage de données de l'IEEE 516-2009, Tableau 2, et est considérée comme acceptable pour l'application.		

D'autres distances peuvent être utilisées en fonction des exigences particulières du réseau.