

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Electrical installations for lighting and beaconing of aerodromes –
Part 3-4: Safety secondary circuits in series circuits – General safety
requirements**

**Installations électriques pour l'éclairage et le balisage des aérodromes –
Partie 3-4: Circuits secondaires de sécurité dans les circuits série – Exigences
générales de sécurité**



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2023 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 Secretariat
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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.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 Products & Services Portal - products.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 22 300 terminological entries in English and French, with equivalent terms in 19 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 Products & Services Portal - products.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 22 300 articles terminologiques en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 19 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Electrical installations for lighting and beaconing of aerodromes –
Part 3-4: Safety secondary circuits in series circuits – General safety
requirements**

**Installations électriques pour l'éclairage et le balisage des aérodromes –
Partie 3-4: Circuits secondaires de sécurité dans les circuits série – Exigences
générales de sécurité**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 29.140.50; 93.120

ISBN 978-2-8322-7017-2

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

CONTENTS

FOREWORD.....	5
INTRODUCTION.....	7
1 Scope.....	8
2 Normative references	8
3 Terms, definitions, and abbreviated terms	9
3.1 Terms and definitions.....	9
3.2 Abbreviated terms.....	12
4 Requirements for the SELV/PELV supply.....	12
4.1 General.....	12
4.2 SELV/PELV-safety demarcation line in an AGL series circuit	12
4.3 Environmental conditions	14
4.4 Degree of protection provided by enclosures	14
4.5 Electromagnetic compatibility (EMC).....	14
4.5.1 Limits of electromagnetic emission	14
4.5.2 Limits of immunity.....	14
4.6 Marking.....	14
4.6.1 Marking of the SELV/PELV power supply (single unit: safety transformer combined with a limiter).....	14
4.6.2 Marking of the SELV/PELV power supply (multiple units: safety transformer in series with a separate limiter)	15
4.6.3 Marking at the installation locations.....	15
4.7 Protection against electric shock.....	15
4.7.1 Basic requirements	15
4.7.2 Protective measure to be applied.....	15
4.7.3 Voltage limit for the SELV/PELV circuit.....	15
4.7.4 Protective separation from the primary series circuit.....	17
4.7.5 Assemblies in the SELV/PELV supply	18
4.8 Interfaces.....	18
4.8.1 Supply unit.....	18
4.8.2 Connectors.....	18
5 Useful method for a SELV/PELV series circuit configuration	18
5.1 General.....	18
5.2 Method: systemic approach	19
5.3 Method: extended systemic approach (with limiter)	19
5.4 Verification of the chosen method	19
6 Testing	19
6.1 General.....	19
6.2 System design test.....	20
6.2.1 General	20
6.2.2 Test for the "systemic approach" method	20
6.2.3 Test for "extended systemic approach" method (device type test).....	21
6.3 Production routine tests	23
6.3.1 Transformer test	23
6.3.2 Limiter test	23
6.4 Field test.....	23
6.4.1 Field test without additional limiter	23
6.4.2 Field test with additional limiter.....	24

Annex A (informative) System design selection	26
Annex B (informative) Marking and hazard risk information	27
B.1 Examples for marking	27
B.2 Hazard risk information	29
B.3 Measurement information	30
B.3.1 Open running safety transformer	30
B.3.2 65 VA safety transformer unloaded in a real series circuit	31
B.3.3 100 VA safety transformer unloaded with a quasi-sinewave primary current	32
Annex C (informative) Additional information	33
C.1 Determination of the peak voltage for SELV/PELV applications	33
C.1.1 Standards used	33
C.1.2 Reason for using	33
C.2 Case I sinusoidal voltage (SELV, PELV)	33
C.3 Case II current pulses	37
Bibliography	45
Figure 1 – Safety demarcation line in a safety extra low voltage system (SELV system)	13
Figure 2 – Safety demarcation line in a protective extra-low voltage system (PELV system)	13
Figure 3 – Short-term non-recurring AC touch voltage limit	16
Figure 4 – Short-term recurring peak touch voltage limit	17
Figure 5 – Test setup for type tests without limiter	21
Figure 6 – Test setup for type tests with limiter	22
Figure 7 – Test setup for field tests without limiter	24
Figure 8 – Test setup for field tests with limiter	25
Figure B.1 – Example for marking (luminaire, bolt, cable)	27
Figure B.2 – Example for marking tags	27
Figure B.3 – Example for field marking (elevated luminaires)	28
Figure B.4 – Example for field marking (inset luminaires)	28
Figure B.5 – Example for field marking (cables)	29
Figure B.6 – Example for field marking (CCRs)	29
Figure B.7 – Current time effect diagram for alternating current 15 Hz to 100 Hz (for ventricular fibrillation current pathway left hand to both feet)	30
Figure B.8 – Principle voltage shape of an open running safety transformer (output voltage)	31
Figure B.9 – Voltage shape measured in a real circuit at an open running 65 W- transformer with a series circuit voltage of 384 V AC RMS and series current of 4,1 A	31
Figure B.10 – Voltage shape on the output of an unloaded safety transformer; measured secondary voltage of 47,49 V AC RMS and a peak-to-peak voltage of 265 V	32
Figure C.1 – Conventional time/current zones of effects of AC currents (15 Hz to 100 Hz) on persons for a current path corresponding to left hand to feet (see Table C.2)	35
Figure C.2 – Probability of fibrillation risks for current flowing in the path left hand to feet	38
Figure C.3 – Extracted data from IEC 60479-2:2019, Figure 23	39
Figure C.4 – Modified IEC 60479-2:2019, Figure 23	40
Figure C.5 – Peak voltage vs peak impulse duration	41

Figure C.6 – Peak voltage vs peak impulse duration with permissible (rectangular) pulses	42
Figure C.7 – Open secondary voltage peak.....	42
Figure C.8 – Example – t_{erp} vs t_{max} comparison	44
Table A.1 – Comparison of characteristics of PELV and SELV	26
Table C.1 – Total body impedances Z_T for a current path hand to hand for small surface areas of contact in dry conditions at touch voltages $U_T = 25$ V to 200 V AC 50/60 Hz (values rounded to 25 Ω).....	34
Table C.2 – Time/current zones for AC 15 Hz to 100 Hz for hand to feet pathway – Summary of zones of Figure C.1	35
Table C.3 – Heart-current factor F for different current paths	36
Table C.4 – Estimate for ventricular fibrillation threshold after each pulse of current in a series of pulses each of which excited the heart tissue in such a manner as to trigger ventricular responses.....	39

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61820-3-4:2023

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**ELECTRICAL INSTALLATIONS FOR
LIGHTING AND BEACONING OF AERODROMES –****Part 3-4: Safety secondary circuits in series circuits –
General safety requirements****FOREWORD**

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

IEC 61820-3-4 has been prepared by IEC technical committee 97: Electrical installations for lighting and beaconing of aerodromes. It is an International Standard.

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

Draft	Report on voting
97/253/FDIS	97/256/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/publications.

A list of all parts in the IEC 61820 series, published under the general title *Electrical installations for lighting and beaconing of aerodromes*, can be found on the IEC website.

Future documents in this series will carry the new general title as cited above. Titles of existing documents in this series will be updated at the time of the next edition.

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

With a few exceptions, aeronautical ground lighting is designed for series circuit technology operating with a constant current and a maximum input voltage of 5 000 V AC RMS, including tolerances. The input voltage to the series circuit is constantly adjusted by the constant current regulator to maintain the series circuit current irrespective of the variations in the load. The properties and characteristics of the constant current regulators are provided in IEC 61822. Due to the structure of the series circuit, i.e., a series connection of all loads, the usual protective devices for personnel protection of an IT, TT or TN network cannot be applied.

Aeronautical ground lighting is defined as any light provided as an aid to air navigation and as such is subject to specific requirements with respect to its resilience, availability, and serviceability levels. Therefore, insulation faults in the series circuit are often tolerated, and do not lead to the automatic disconnection of the electrical supply to the series circuit.

In view of the above, IEC 61821 states that no work of any kind is normally permitted on live series circuits without first conducting a suitable and sufficient risk assessment and using appropriate protective equipment according to IEC 61821.

The electrical characteristics of the constant current series circuits are often confused with those of IT, TT or TN networks, i.e., constant input voltage, equipment connected in parallel, and a load-dependent current. In practice, it is not always easy to assign rated voltages correctly to individual components of the series circuit or to determine possible touch voltages. In a constant current series circuit, the rated voltage of the equipment in the series circuit and the maximum touch voltage frequently exceed the normal mains input voltage.

In a series circuit installation, the series circuit input voltage is divided in proportion to the internal resistances of the various loads. The rated voltage, i.e., the voltage between the input lines of the equipment, is defined by the series circuit current that flows through the equipment and its input impedance. Since input impedance depends on the equipment design and the series circuit current is constant, the input voltage remains the same for each item of equipment. As a result of the provision of current control in the series circuit, the series circuit input voltage is load-dependent and corresponds to the sum of all partial voltages in the series circuit.

This is different to determining the maximum possible touch voltage to earth in a series circuit. Since one or more earth faults of varying resistance to earth may be present, the touch voltage to earth may assume any value up to the maximum series circuit input voltage depending on the location of the earth fault and the equipment installed in the series circuit. Therefore, when determining the dielectric strength against earth potential, it is usual to take the maximum series circuit input voltage. Such peculiarities of the series circuit have been considered in the requirements for lamp systems in this document.

Since there are only a few effective safety features available for personnel protection in series circuit technology, the protective measure "safety extra low voltage (SELV)" and "protective extra low voltage (PELV)" is applied in this document for the supply of lamp systems. This measure is common practice and can resort to the application of well-known and accepted methodology. The introduction of SELV/PELV in this type of application has been made possible by the introduction of new illumination technology that has lower power requirements and hence requires a lower voltage supply.

NOTE This document is based on SELV specification according to IEC 60364-4-41 and IEC 61558-1.

ELECTRICAL INSTALLATIONS FOR LIGHTING AND BEACONING OF AERODROMES –

Part 3-4: Safety secondary circuits in series circuits – General safety requirements

1 Scope

This part of IEC 61820 specifies protective provisions for the operation of lamp systems powered by series circuits in aeronautical ground lighting.

The protective provisions described here refer only to secondary supply systems for loads that are electrically separated from the series circuit.

This document specifies the level of SELV, and alternatively PELV, under consideration of additional personnel protection during work on live secondary circuits by electrically skilled persons. This document also covers the special operational features of aeronautical ground lighting and addresses the level of training and the requirements for maintenance procedures detailed in IEC 61821 and other national or regional regulation.

The requirements and tests are intended to set a specification framework for system designers, system installers, users, and maintenance personnel to ensure a safe and economic use of electrical systems in installations for the beaconing of aerodromes.

This document complements existing IEC aeronautical ground lighting (AGL) standards and can be used as a design specification.

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 60364-4-41:2005, *Low-voltage electrical installations – Part 4-41: Protection for safety – Protection against electric shock*

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

IEC 60529:1989, *Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)*

IEC 60529:1989/AMD1:1999

IEC 60529:1989/AMD2:2013

IEC 61000-6-2:2016, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-2: Generic standards – Immunity for industrial environments*

IEC 61000-6-4:2018, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-4: Generic standards – Emission standard for industrial environments*

IEC 61140:2016, *Protection against electric shock – Common aspects for installation and equipment*

IEC 61558-2-6:2021, *Safety of transformers, reactors, power supply units and combinations thereof – Part 2-6: Particular requirements and tests for safety isolating transformers and power supply units incorporating safety isolating transformers for general applications*

IEC 61820-1:2019, *Electrical installations for aeronautical ground lighting at aerodromes – Part 1: Fundamental principles*

IEC 61821:2011, *Electrical installations for lighting and beaconing of aerodromes – Maintenance of aeronautical ground lighting constant current series circuits*

IEC 61822:2009, *Electrical installations for lighting and beaconing of aerodromes – Constant current regulators*

IEC 61823:2002, *Electrical installations for lighting and beaconing of aerodromes – AGL series transformers*

IEC 63067:2020, *Electrical installations for lighting and beaconing of aerodromes – Connecting devices – General requirements and tests*

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

CISPR 11:2015/AMD1:2016

CISPR 11:2015/AMD2:2019

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

3 Terms, definitions, and abbreviated terms

3.1 Terms and definitions

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

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

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

3.1.1

assembly

self-contained, closed functional unit forming a light system together with other assemblies

3.1.2

basic insulation

insulation of hazardous live parts providing basic protection

Note 1 to entry: This concept does not apply to insulation used exclusively for functional purposes.

[SOURCE: IEC 60050-581:2008, 581-21-24]

3.1.3

electrically skilled person

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

[SOURCE: IEC 60050-195:2021, 195-04-01]

3.1.4**extra-low voltage****ELV**

voltage not exceeding the relevant voltage limit specified in 4.7.3

3.1.5**safety extra-low voltage****SELV**

voltage values which do not exceed values in 4.7.3, between conductors, or between any conductor and reference earth, in an electric circuit which has galvanic separation from the supplying electric power system by such means as a separate-winding transformer

3.1.6**SELV system**

electrical system in which the voltage cannot exceed the value of extra-low voltage:

- under normal conditions, and
- under single-fault conditions, including earth faults in other electric circuits

Note 1 to entry: SELV is the abbreviation for safety extra-low voltage.

[SOURCE: IEC 60050-195:2021, 195-06-28]

3.1.7**PELV system**

electric system in which the voltage cannot exceed the value of extra-low voltage:

- under normal conditions, and
- under single fault conditions, including earth faults in other electric circuits

Note 1 to entry: PELV is the abbreviation for protective extra low voltage

[SOURCE: IEC 60050-195:2021, 195-06-29]

3.1.8**SELV/PELV power supply**

single physical unit or assembly of physical units performing as the power supply according to SELV/PELV definitions

3.1.9**protective separation**

separation of one electric circuit from another by means of

- double insulation, or
- basic insulation and electrically protective screening, or
- reinforced insulation

3.1.10**power supply unit**

components for the supply and transfer of energy used to operate a lighting unit in a series circuit

3.1.11**electric shock**

physiological effect resulting from an electric current passing through a human or animal body

[SOURCE: IEC 60050-195:2021, 195-01-04, modified – Words "human body or livestock" replaced with "human or animal body".]

3.1.12**hazardous live part**

live part which, under certain conditions, can give a harmful electric shock

[SOURCE: IEC 60050-195:2021, 195-06-05, modified – Note to entry deleted.]

3.1.13**touch voltage**

voltage between conductive parts when touched simultaneously by a person or an animal

Note 1 to entry: The value of the effective touch voltage may be appreciably influenced by the impedance of the person or the animal in electric contact with these conductive parts.

[SOURCE: IEC 60050-195:2021, 195-05-11, modified – Words "a human being or livestock" replaced with "person or animal"; "effective" and "appreciably" added in Note 1 to entry.]

3.1.14**single fault condition**

condition in which there is a fault of a single protection (but not a reinforced protection) or of a single component or a device

[SOURCE: IEC 60050-903:2013, 903-01-15, modified – Note 1 to entry deleted.]

3.1.15**light fixture (US)****light fitting (UK)****luminaire**

electrical device used to create artificial light by use of an electric lamp/LED/light source above ground or within the pavement

Note 1 to entry: The luminaire is an apparatus which distributes, filters or transforms the light transmitted from one or more lamps and which includes all the parts necessary for supporting, aiming, fixing and protecting the lamps, but not the lamps themselves and, where necessary, circuit auxiliaries together with the means for connecting them to supply.

3.1.16**limiter**

device which limits the safety transformer output voltage to a defined maximum value

Note 1 to entry: The probability of electric shock increases with voltage level, surface area of the accessible conductive part or circuit in contact with the skin and the humidity condition of skin.

3.1.17**safety transformer**

isolating transformer with protective separation between the input winding(s) and output winding(s)

[SOURCE: IEC 61558-1:2017, 3.1.2, modified – Word "isolating" replaced with "safety" in the term, and "isolating" added to the definition.]

3.1.18**dry condition**

skin condition of a surface area of contact with regards to humidity of a living person being at rest under normal indoor condition

3.2 Abbreviated terms

AGL	aeronautical ground lighting
IP	code to define the degree of protection of an enclosure
ELV	extra low voltage
EMC	electromagnetic compatibility
CISPR	International Special Committee on Radio Interference
AC	alternating current
DC	direct current
CCR	constant current regulator
DUT	device under test
ISO	International Standard Organization
IEC	International Electrotechnical Commission
ILCMS	integrated lamp control and monitoring system

4 Requirements for the SELV/PELV supply

4.1 General

Light fittings for use in aeronautical ground lighting shall be designed for use in a series circuit. The maximum power ratings of the series circuit supply are given by the constant current regulators according to IEC 61822. If the light systems are designed for other current ranges, such information shall be provided by the manufacturer.

The series circuit shall be designed for a nominal system voltage of class V2: nominal system voltage up to and including 1 000 V AC according to IEC 61820-1:2019, 6.3.

The design of the safety secondary circuit shall support safe working conditions for electrically skilled persons.

The maintenance practices shall follow IEC 61821. Applicable national or regional regulations can exist. When considering live work on the secondary circuit, the risk assessment should consider the nature of the work (fault finding, testing, and repair), the nature of the hazards present, and the provision of SELV/PELV designs.

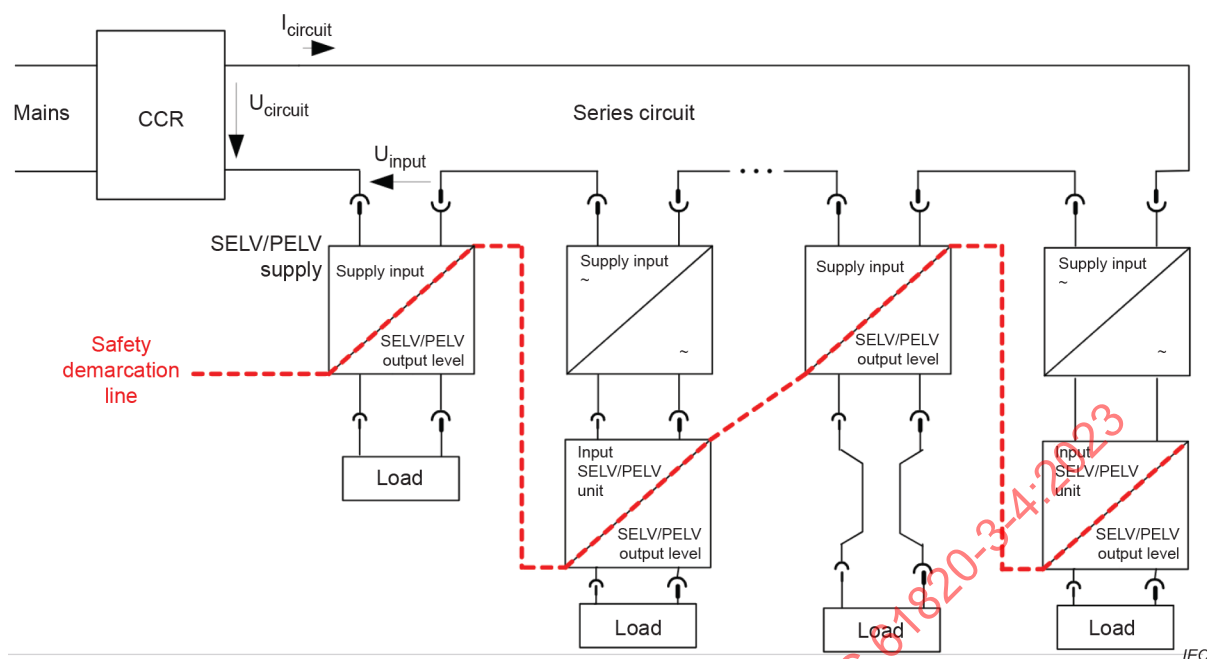
The recommendation is to implement a PELV design because it is considered the more practical solution over complete lifetime of the installation but with the same safety level as a SELV design. If this recommendation cannot be fulfilled, then it shall be considered that a maintenance effort needs to be enforced to achieve a suitable insulation level to implement the SELV design.

In Annex A, Table A.1 gives comparison information of characteristics of PELV and SELV installations.

NOTE This document does not consider any specific requirements regarding the lightning over voltages. The SELV/PELV voltage is no more guaranteed in case of lightning that can happen on or at proximity of any of the component of the system.

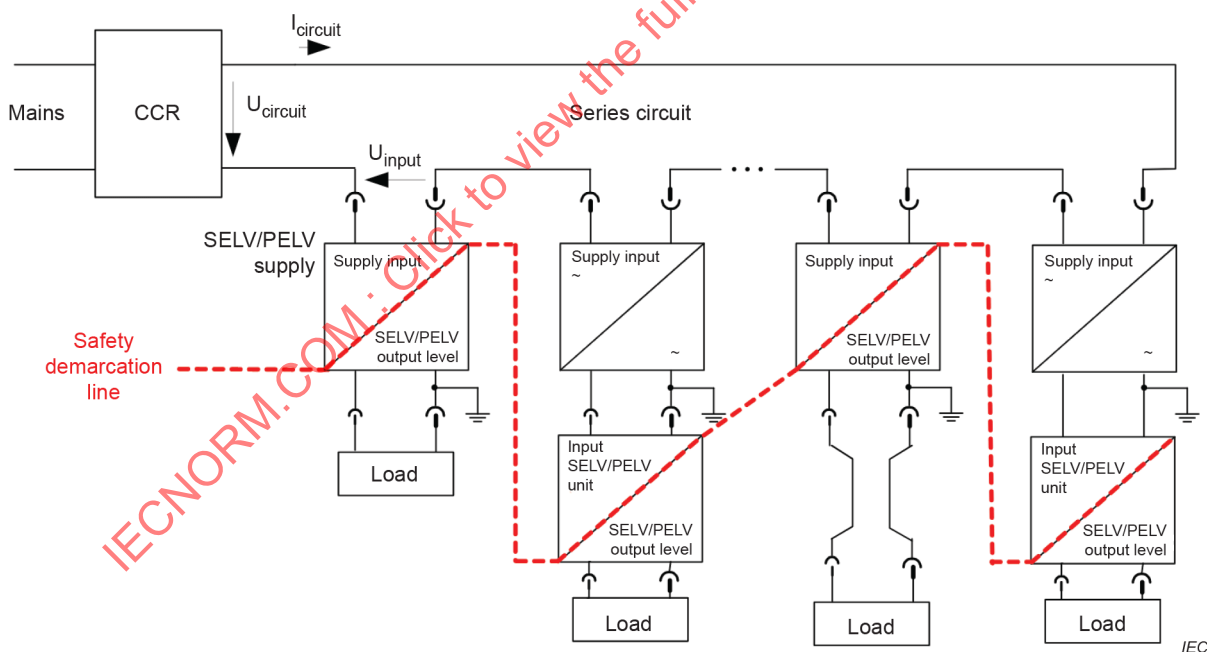
4.2 SELV/PELV-safety demarcation line in an AGL series circuit

Figure 1 and Figure 2 show the extent of the safety secondary system. The safety secondary system (limit defined in 4.7.3) is all circuitry below the dashed red safety demarcation line.



U_{input} shall not exceed 1 kV AC RMS.

Figure 1 – Safety demarcation line in a safety extra low voltage system (SELV system)



U_{input} shall not exceed 1kV AC RMS.

Figure 2 – Safety demarcation line in a protective extra-low voltage system (PELV system)

NOTE The given earthing in Figure 2 is an example. The earthing connection can be performed anywhere in the secondary circuit.

The PELV system can be used where local regulations require an earth (bonding of a live conductor) to be provided.

It is strongly recommended that SELV and PELV systems are not mixed on a single circuit.

4.3 Environmental conditions

Light fittings shall be designed for continuous outdoor operation without any derating factor, under the following environmental conditions classes according to IEC 61820-1:2019, Table 1:

- class E10: outdoor installation at or above the surface;
- class E11: outdoor installation below the surface.

4.4 Degree of protection provided by enclosures

The degree of protection against contact with conducting parts or the ingress of solid objects and liquids shall be indicated by the IP coding according to IEC 60529.

Where the supply is intended to be installed outdoors, the following component requirements class according to IEC 61820-1:2019, Table 2, shall apply:

- class E11: outdoor installation below the surface.

4.5 Electromagnetic compatibility (EMC)

4.5.1 Limits of electromagnetic emission

The SELV/PELV supply (for example: safety transformer plus limiter) shall comply with the requirements given in the EMC generic standard IEC 61000-6-4. The limits of electromagnetic emission shall comply with CISPR 11:2015, class B.

4.5.2 Limits of immunity

The SELV/PELV supply (for example: safety transformer plus limiter) shall comply with the requirements given in the generic standard for industrial environments IEC 61000-6-2. The immunity limits and methods of measurement of CISPR 32 shall be complied with.

4.6 Marking

4.6.1 Marking of the SELV/PELV power supply (single unit: safety transformer combined with a limiter)

Each SELV/PELV supply shall be permanently marked. The marking shall contain the following information:

- unambiguous type designation of the manufacturer;
- name of the manufacturer of the assembly;
- nominal input current;
- nominal output current;
- maximum output power (W and VA);
- marking of the assembly as class III (SELV) with symbol IEC 60417-5180:2003-02 (Roman III within a rhombus);
- number of the standard IEC 61820-3-4 and its date of publication.

The SELV/PELV marking shall be available to maintenance personnel and easily readable in the normal installation position (see 4.7.4).

In SELV or PELV systems, only equipment marked as class III shall be used.

4.6.2 Marking of the SELV/PELV power supply (multiple units: safety transformer in series with a separate limiter)

Each SELV/PELV connecting cable of each unit, starting on the secondary side of the series circuit transformer, shall be permanently marked. The marking shall contain a SELV/PELV information:

- a) the output cable of the safety transformer and both connecting cables of the limiter unit shall be marked with a label that indicates the system as a SELV/PELV circuit, but not with a class III (SELV) symbol (see example in Figure B.1);
- b) the label used in a) shall be used for all connecting cables between SELV/PELV power supply and load (see examples in Figure B.1 to Figure B.6).

4.6.3 Marking at the installation locations

The location of a light fixture fed by a SELV/PELV power supply shall be marked as SELV/PELV. The marking shall be clearly readable to allow maintenance people to confirm SELV/PELV condition before starting any work on the installation. If the SELV/PELV supply will be replaced by a non-SELV/PELV supply, the marking shall be removed or permanently covered (see examples in Figure B.1 to Figure B.6).

4.7 Protection against electric shock

4.7.1 Basic requirements

Hazardous live parts shall not be accessible and accessible conductive parts shall not be hazardous live

- neither in normal use without fault, nor
- under single fault conditions.

4.7.2 Protective measure to be applied

The protective mechanisms of the SELV/PELV supply shall not be lost if a single fault occurs.

For this purpose, the following shall be provided:

- limitation of voltage at the output of the SELV/PELV supply;
- protective separation of the SELV/PELV supply from all circuits other than SELV and PELV;
- simple separation of the SELV/PELV supply from other SELV/PELV supply.

For a SELV supply, operational earthing of active parts or the intentional connection of parts to a protective conductor or to an earth conductor according to IEC 61140 shall not be performed. Where the safety secondary system is explicitly defined as a PELV supply, the PELV circuits and/or exposed conductive parts of equipment supplied by the PELV circuit may be earthed.

In locations where protective screening is used for the purpose of protective separation, the protective screen shall be separated from each adjacent circuit by basic insulation intended for the highest voltage present.

4.7.3 Voltage limit for the SELV/PELV circuit

4.7.3.1 General

The probability of electric shock increases with voltage level, surface area of the accessible conductive part or circuit in contact with the skin and the humidity condition of skin.

The value considered in this document is for protection against ventricular fibrillation for a dry skin condition and for a contact surface corresponding to a "fingertip".

The possible contact area is always considered to be a "fingertip" if the accessible conductive part is limited to 1 cm². In view of the shapes of the connector according to IEC 63067 (airfield connector) male and female, it is considered that the possible contact with this connector is limited to a "fingertip".

In general, the voltage limits defined in 4.7.3.2 and 4.7.3.3 apply to the SELV/PELV circuit. In case of an open circuit, the specific peak voltages due to the saturation of the transformer can exceed the limits defined in 4.7.3.2 and 4.7.3.3 but shall not exceed the limit defined in 4.7.3.4.

The influence of humidity shall be considered when the circuits are working in dry, wet, or damped conditions. The voltage values shall be reduced accordingly.

4.7.3.2 Steady state voltage limits

The steady state voltage limits of the SELV/PELV circuit in dry conditions shall not exceed the following values:

- AC voltage (RMS): 50 V AC RMS for AC voltages in the 15 Hz to 1 kHz range;
- AC voltage (peak): 71 V.

A voltage is considered as in steady state for a duration above 10 s.

In wet (covered or soaked with water) conditions, the voltage values shall be divided by 2.

4.7.3.3 Short term non-recurring voltage limit

In case of fault or transients, the steady state limit defined in 4.7.3.2 can be exceeded temporarily.

Figure 3 provides information limit about the short-term non-recurring AC touch voltage limit (curve for "finger" to be considered).

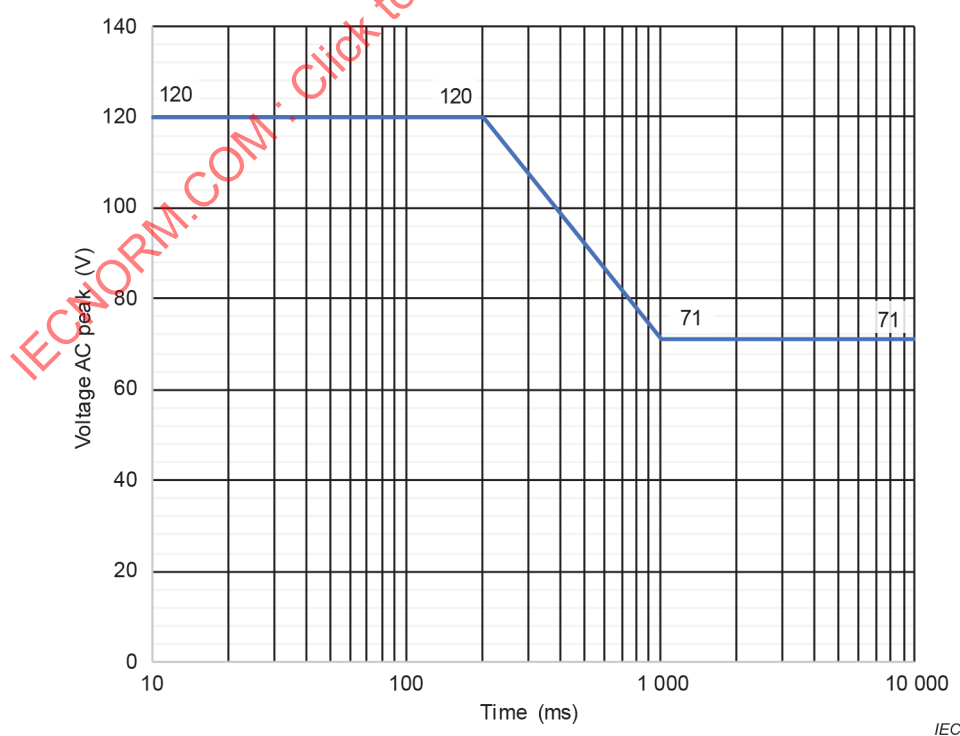


Figure 3 – Short-term non-recurring AC touch voltage limit

4.7.3.4 Specific voltage peak limit due to an open (no load) circuit

In case of an open (no load) circuit, the voltage at the secondary side of the safety transformer presents a specific shape. Examples of these voltages can be seen in Clause B.3.

Figure 4 gives allowable values for a 50 Hz non sinusoidal spike voltage for the spike height vs the spike length (for more information, see Annex C).

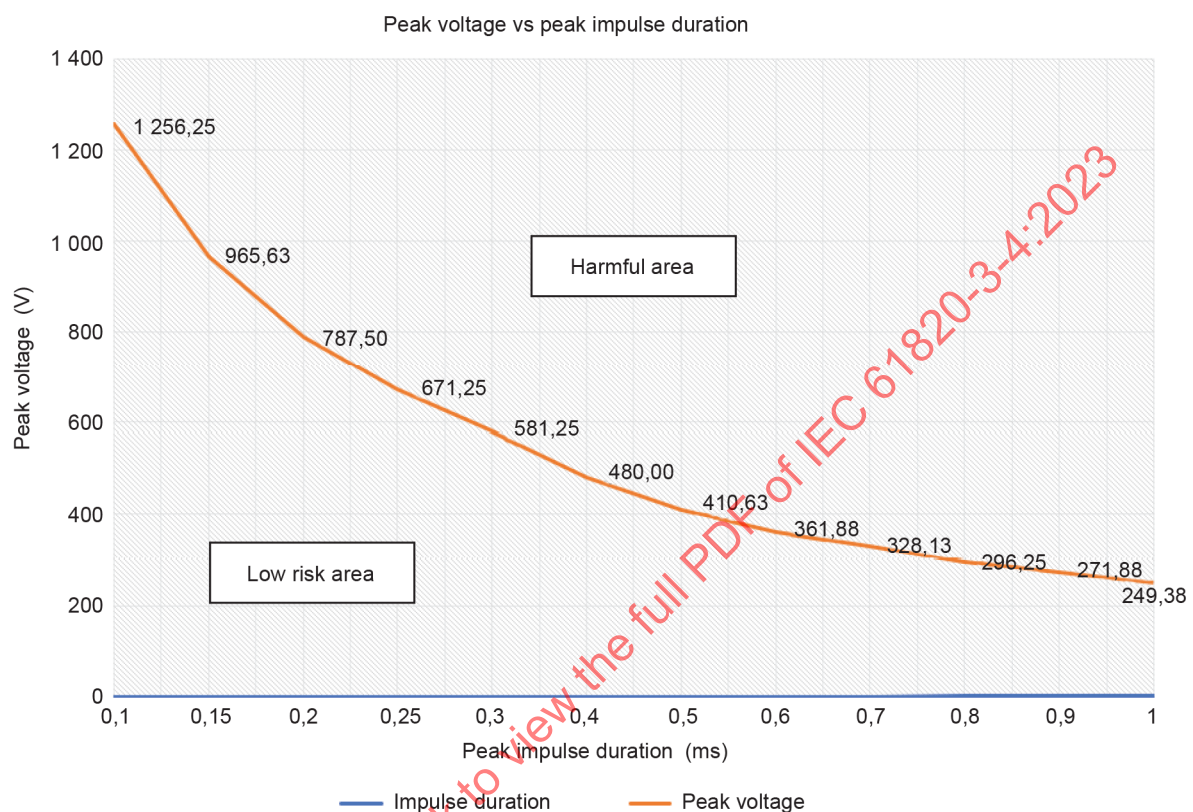


Figure 4 – Short-term recurring peak touch voltage limit

4.7.4 Protective separation from the primary series circuit

The power supply unit of the light fittings with the SELV/PELV supply shall provide a galvanic, safe separation from the primary side of the series circuit.

The input voltage of one single SELV/PELV supply is defined as the voltage between the two poles of that SELV/PELV supply and shall not exceed 1 000 V AC RMS.

NOTE The series circuit voltage is limited to 1 kV because, in a faulty situation (one open running safety transformer), this voltage will be the input voltage of that transformer (until it is saturated).

Protective separation between the input and the output of the supply shall be achieved according to IEC 61140 by means of

- basic insulation and supplementary insulation, each rated for the highest voltage present, i.e., double insulation, or
- reinforced insulation rated for the highest voltage present, or
- protective screening with the protective screen being separated from each adjacent circuit by basic insulation rated for the adjacent circuit voltage, or
- a combination of these provisions.

If the conductors of the separated circuit are contained together with the conductors of other circuits in a multi-conductor cable or in another grouping of conductors, they shall be insulated, individually or collectively, for the highest voltage present, so that double insulation is achieved.

If any component is connected between the separated circuits, that component shall comply with the requirements for protective impedance devices according to IEC 61140.

4.7.5 Assemblies in the SELV/PELV supply

If assemblies in the SELV/PELV supply are connected to the power supply by means of an external interface, they shall be designed as class III equipment according to IEC 61140.

If there is a SELV/PELV supply configuration with separate safety transformer and limiter, then this configuration shall also be designed as class III equipment according to IEC 61140.

When a SELV supply is chosen, there shall be no provision for the connection of live parts to earth.

The enclosure of an assembly may be provided with an earth terminal if it is necessary for an earth to be provided for reasons other than personnel protection.

An earth connection may be necessary to integrate an enclosure into a lightning protection system.

4.8 Interfaces

4.8.1 Supply unit

The electrical supply to the light fittings is provided by the series circuit. All subsystems having a direct galvanic connection to the primary series circuit shall comply with IEC 61823 (aerodrome ground lighting (AGL) series transformers).

If the electrical supply of a series circuit, or another voltage supply, is intended to have a nominal voltage less than 1 000 V AC, the dielectric strength can be determined according to IEC 61558-2-4.

4.8.2 Connectors

The live side of the circuit shall be equipped with the socket.

Plug and socket outlets in SELV and PELV systems shall comply to IEC 60364-4-41 with the following requirements:

- plugs shall not be able to enter socket-outlets of other non AGL voltage systems;
- socket outlets shall not admit plugs of other non AGL voltage systems.

5 Useful methodic for a SELV/PELV series circuit configuration

5.1 General

Depending on the method chosen between 5.2 and 5.3, a hazard/risk analysis shall be prepared. It is necessary to show all possible failures of each assembly of the system with their effects. All realistic failure configurations shall be evaluated in their impact on personnel. From this, service instructions shall be proposed.

The analysis shall contain a description of the basic function and proof of functionality for a SELV supply, either in combination with a limiter or without, depending on the method chosen.

5.2 Method: systemic approach

In the systemic approach, the series circuit parameters and the safety transformers used shall be selected according to a circuit calculation to be carried out in such a way that the maximum output voltage of the safety transformers in the loaded and unloaded state required in the standard does not exceed the maximum RMS voltage value defined in 4.7.3 and a safe separation between the primary and secondary circuits is ensured.

5.3 Method: extended systemic approach (with limiter)

If the systemic approach does not allow a satisfactory selection, the approach shall be chosen by an additional unit/device with a limiter function.

In this approach, series circuit safety transformers, which ensure a safe separation to the series circuit, shall be combined with downstream equipment with an integrated voltage limitation. This voltage limiting function shall be at least redundant. These limiting functions shall be individually verifiable. A failure should be displayed.

The output voltage "limiter" shall provide the SELV compliant power supply with maximum voltage as defined in 4.7.3 for load/luminaire supply.

NOTE The limiter is intended to be used only in combination with a safety transformer with protective measures as described in 4.7.2.

5.4 Verification of the chosen method

A functional test setup shall be prepared which realistically recreates the chosen method for the safety transformer alone or in combination with a limiter, which makes it possible to verify the limit of the voltage as defined in 4.7.3 under realistic operating conditions.

In a close-to-operation test setup, it is necessary to determine at which series circuit voltage the selected safety transformer does not exceed the voltage defined in 4.7.3.

6 Testing

6.1 General

When selecting the measuring technique for measuring the RMS value of the voltage of the unloaded transformers/limiters, ensure that many measuring instruments reflect the resulting RMS value of the voltage curve too low due to the phase cut of the feeding constant current regulator. The test shall be carried out in the whole current range which is used in operation.

When selecting the measuring instrument, ensure that the following parameters are observed at the minimum:

- voltage measuring range of 1 000 V AC;
- voltage measuring range shall be manually selectable, otherwise voltage peaks may be cut off;
- frequency range of 100 kHz;
- crest factor of > 20.

NOTE A smaller crest factor leads to a signal cut off upwards, as the peak values of the voltage can reach several hundred volts.

For more information, see Annex B.

The peak voltages shall also be measured with appropriate measurement tools (oscilloscope, probes, etc.).

6.2 System design test

6.2.1 General

The tests shall assure that all the SELV/PELV supply components comply with the applicable IEC Standards referenced in 4.1 to 4.8.

6.2.2 Test for the "systemic approach" method

Once a useful methodic for a SELV/PELV series circuit configuration has been established, a test shall be carried out to define the maximum allowed series circuit voltage at which the open safety transformer voltage of the selected safety transformer just reaches the maximum allowed SELV voltage defined in 4.7.3.

The voltage characteristic (RMS, peak, etc.) can be dependent of the transformer characteristics (leakage inductance, saturation behaviours, magnetizing inductance). The testing shall be performed with transformers presenting extreme values for the characteristic in the range guaranties by the manufacturer of the transformer. The guaranty range shall include the possible variation due to temperature.

NOTE The voltage characteristic is essential depending on the design of the circuitry (height of the voltage, steep of the current rise (phase angle control), capacity of the load etc. and not predominantly from the transformer characteristics.

If this is not possible, calculation or simulation shall demonstrate how the variation of the characteristics of the transformer will affect the measurement. The limit value taken for the measurement shall be the one defined in 4.7.3 reduced with the appropriate factor. If this analysis is not possible, the values defined in 4.7.3 used for the "systemic approach" shall be reduced by a factor 1,1.

The test shall be executed three times:

- at the rated power of the defined configuration;
- at 15 % above rated power; and
- at 15 % below rated power.

A thyristor controlled CCR, compliant to IEC 61822, shall feed a supply transformer with selectable voltage taps up to 1 000 V AC. An adjustable power resistor together with a safety transformer of the selected type (the device under test, DUT) connected to the supply transformer form the series circuit. The DUT shall come from a batch intended to be installed for the selected configuration.

- 1) Adjust the power resistor to the rated power of the configuration at $I = 6,6 \text{ A}$ ($R = P_{\text{rated}} / I^2$).
- 2) Adjust the supply transformer voltage tapping for a current flow angle of $110^\circ \pm 5^\circ$ at the CCR while the secondary connector of the DUT is shorted.
- 3) Connect a suitable voltmeter to the secondary side of the DUT with the short removed, and a normal voltmeter to the supply transformer. Monitor and document the voltmeter readouts during the test.
- 4) Run the test with all brightness settings at the CCR as defined for the selected configuration three times, at rated power of the configuration, 15 % above, and 15 % below.
- 5) The voltmeter readout of the DUT shall never reach or exceed the voltage limits defined in 4.7.3 under any of the described test conditions, otherwise the test has failed, i.e., the safety transformer type is not suitable for the selected configuration.
- 6) Select and setup the test configuration with the highest observed voltmeter readout.
- 7) Increase the voltage tapping of the supply transformer until the voltmeter readout of the DUT just not reaches the voltages limits defined in 4.7.3.

- 8) Document the measured voltage of the supply transformer. This voltage defines the upper supply voltage limit in a system using the selected configuration. The difference of this voltage and the voltage derived from the highest observed voltage from the three previous tests represents the range of the selected configuration. This range shall be at least 10 % of the upper supply limit for a successful test, otherwise the complete test shall be carried out with three additional DUTs to account for the spread of the DUTs. Thus, in case the headroom is very small, worst case all safety transformers for the configuration will be individually tested.

In order to make the field test more practical, it is possible to define, based on this testing, an RMS value of the SELV circuit for the open safety transformer voltage, which will guaranty that the voltage for each SELV/PELV circuit will always stay in the limits defined in 4.7.3 (reduced if needed to the factor 1,1 due to the uncertainty on the transformer if needed as defined in 4.7.3.2. at the beginning of 6.2.2). This RMS value shall never be above the RMS value defined in 4.7.3.2.

All applicable type tests of dielectric strength shall be carried out on applicable parts of the SELV/PELV supply having a galvanic connection to the series circuit on one side according to IEC 61823.

The applicable tests for safety isolating transformers according to IEC 61558-2-6 shall be carried out.

The test configuration for the systemic approach is showed in Figure 5.

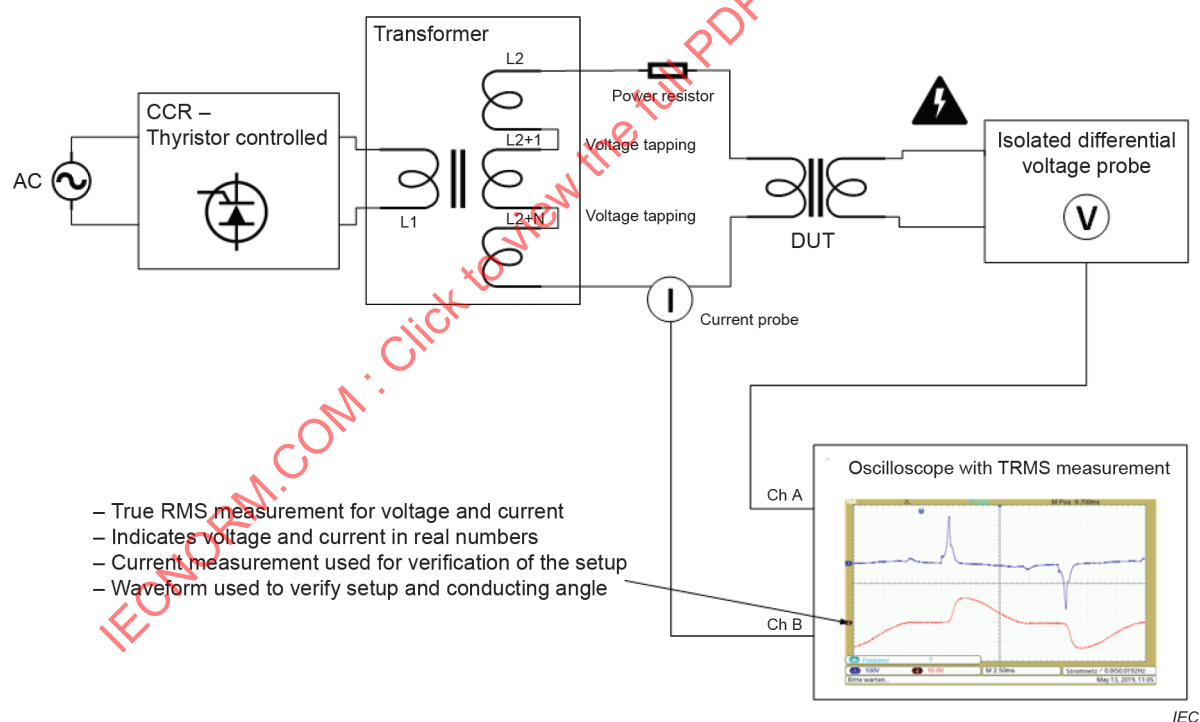


Figure 5 – Test setup for type tests without limiter

6.2.3 Test for "extended systemic approach" method (device type test)

The applicable tests for the limiter shall be done for all redundant limiter function modules.

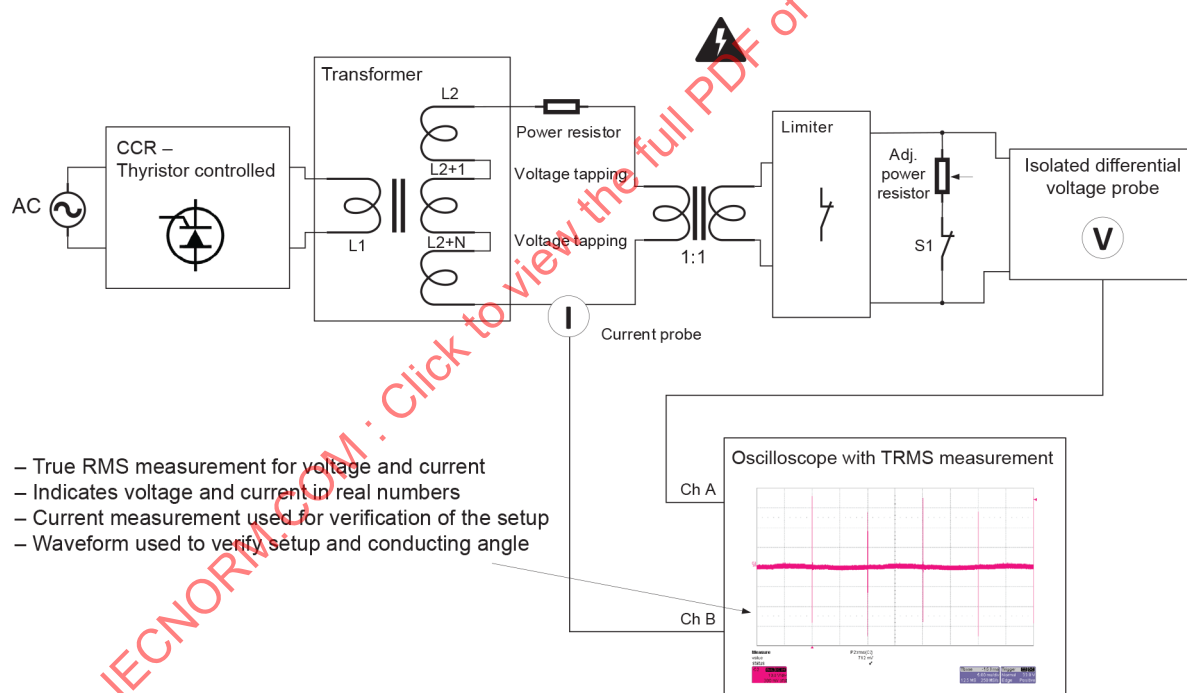
The test shall be carried out as followed.

- 1) Set CCR to at maximum supply current at a current flow angle of 90° (by using a power resistor in the primary circuit).
- 2) The output of the power supply to be tested shall be limited to 1 000 V AC.

- 3) CCR feeds a supply transformer that is set to 1 000 V AC.
- 4) Connect to primary circuit one transformer of calculated power.
- 5) Connect a suitable (voltage/power) adjustable resistor in series to the transformers in the primary circuit to adjust the current flow angle.
- 6) Connect a limiter to this transformer and a load to the limiter output, consisting of a switch and an adjustable power resistor connected in series (switch is normally closed).
- 7) Connect a suitable voltage meter.
- 8) Set adjustable power resistor to 0 Ω .
- 9) Energize the circuit.
- 10) Increase the value of the power resistor slowly until the limiter switches off its output.
- 11) Determine if RMS-value of the voltage was always below the limits of 4.7.3.
- 12) Set power resistor to 0 Ω and repeat steps 1) to 8).
- 13) Disconnect the load circuit by opening the switch (s1) and determine whether there is a voltage in the limits defined in 4.7.3.

All test steps should be repeated for all brightness steps and/or different current flow angles.

The test configuration for the extended systemic approach (with limiter) is showed in Figure 6.



IEC

Figure 6 – Test setup for type tests with limiter

All tests have been passed if all requirements have been fulfilled.

The tests shall be documented with all results clearly tabulated including a clear description of the structural condition of units after the completion of each test.

If SELV/PELV supply components are modified in any way that this influences the safety or basic function of the SELV/PELV supply, the type test shall be repeated.

6.3 Production routine tests

6.3.1 Transformer test

After production, the manufacturer shall submit each assembly to a visual inspection, a non-destructive dielectric test according to the applicable parts of IEC 61558-2-6, and a functional test according to IEC 61823.

6.3.2 Limiter test

After production, the manufacturer shall submit each assembly to a visual inspection. The functional test shall contain the basic functions and compliance with the maximum permitted output voltage for supply.

A functional test shall be carried out to show that the output voltage of the limiter does not exceed the voltage of 50 V AC RMS, including testing the redundancy in a limiter.

To ensure the validity of the test, the limiter shall be connected to a current source (transformer connected to a CCR) which is able to provide 1 500 V peak in case of an open circuit. Adequate measurement equipment as described in Clause B.2 shall be used to verify the output voltage of the limiter under test.

The redundancy of the limiter shall also be tested. If the specific voltage at all limiting circuit parts cannot be measured (e. g. because of design-related reasons like a sealed housing), the test result of the self-test of the limiter shall be considered.

6.4 Field test

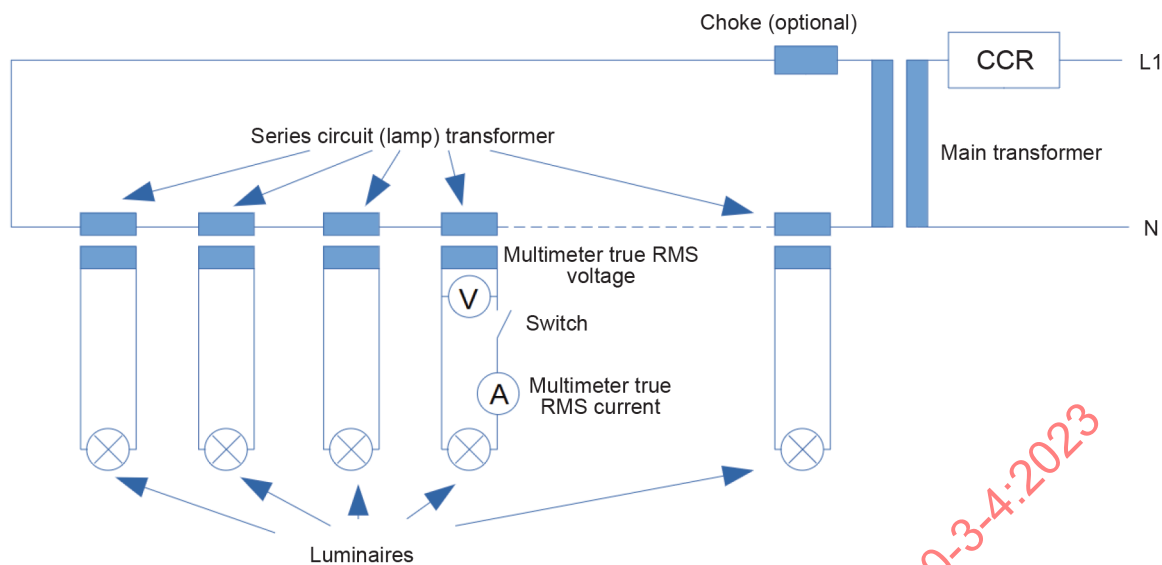
6.4.1 Field test without additional limiter

After commissioning the series circuit, the system installer shall perform a function test for every SELV/PELV series circuit on site.

The test shall be carried out as followed.

- 1) Connect to the output side of a safety transformer a suitable voltage meter.
- 2) Switch on the series circuit by means of the CCR with nominal current.
- 3) After that configuration, disconnect the load by switch and measure the output voltage of the supply to the open load. The voltage shall be below the limits defined in 4.7.3.
- 4) Do this measurement in all relevant current steps.
- 5) For halogen light or LED light equipped with monitoring function (fail open that simulate an open filament): Do the measurement with all light functioning and with the maximum number of faulty lights authorized (by local authorities) on the circuit.
- 6) If the circuit is equipped with a module that allows the switching of individual lights (known for example as an "individual light control and monitoring system" or ILCMS), measurements shall also be done with the maximum and minimum of lights switched off by the system.

Figure 7 shows an example of a suitable test setup.



IEC

NOTE The optional choke can be a saturation choke; it helps to reduce the voltage of the no load safety transformer. The choke can be placed on the primary or the secondary of the main transformer.

Figure 7 – Test setup for field tests without limiter

The circuit installer shall document the type and scope of tests in the test instructions.

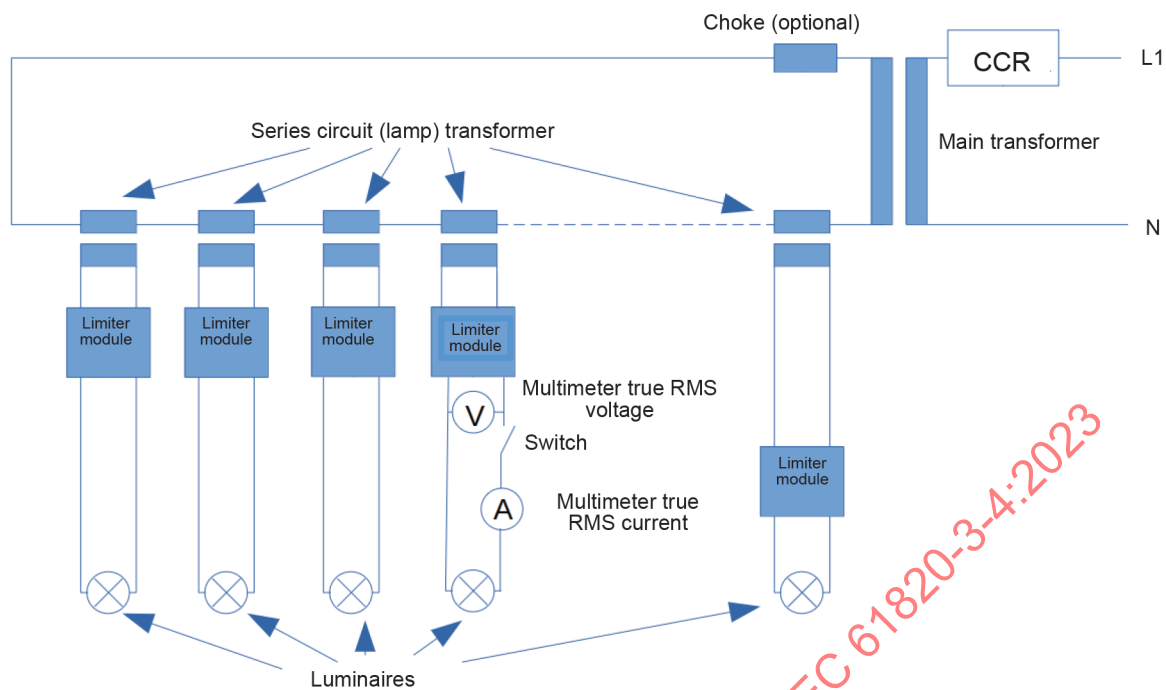
6.4.2 Field test with additional limiter

After commissioning the series circuit, the system installer shall perform a function test on site.

The test shall be carried out as followed:

- 1) Connect to the output side of a limiter unit a suitable voltage meter.
- 2) Switch on the series circuit by means of the CCR with nominal current.
- 3) After that configuration, disconnect the load by switch and measure the output voltage of the limiter to the open load to ensure that the voltage shall be below the limits defined in 4.7.3.
- 4) Do this measurement in all relevant current steps.

Figure 8 shows an example of a suitable test setup.



IEC

NOTE The optional choke can be a saturation choke; it helps to reduce the voltage of the no load safety transformer. The choke can be placed on the primary or the secondary of the main transformer.

Figure 8 – Test setup for field tests with limiter

The circuit installer shall document the type and scope of tests in the test instructions.

Annex A (informative)

System design selection

To select the right system design, the airport should consider the different characteristics of the installation (see Table A.1).

Table A.1 – Comparison of characteristics of PELV and SELV

	PELV	SELV
Work safety level	Same as SELV	Same as PELV
Can be combined with any local earthing requirements	Yes	No Earthing is not allowed
Installation costs	Normal	Lower, due to the no earthing requirements
Functional availability	Lower: first insulation fault could cause the lamp malfunction	Higher: first insulation fault will not influence the function
Maintenance effort	Lower: requires the same maintenance as with secondary earth bonded systems	Higher: the insulation level shall be tested, and each single fault shall be repaired

Annex B (informative)

Marking and hazard risk information

B.1 Examples for marking

Figure B.1 to Figure B.6 show examples of markings.

IEC/TC97/3 SELV/PELV

Example 1: SELV/PELV, field markings on German airports

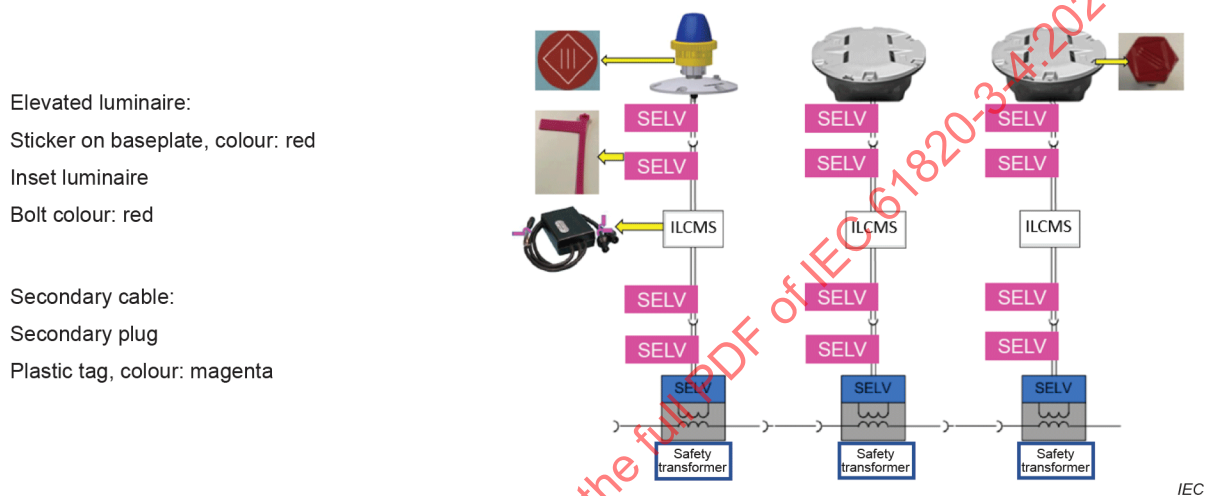


Figure B.1 – Example for marking (luminaire, bolt, cable)

IEC/TC97/3 SELV/PELV

Example 2: SELV/PELV, field markings on German airports

Elevated luminaire resp. Airfield sign:
Metal tag on baseplate, colour: yellow

SELV/PELV/inset luminaire
Bolt, colour: yellow

SELV/PELV secondary cable:
Secondary plug
Plastic tag, colour: yellow

Plastic tag on step-up transformer
Text: "Beware SELV safety instructions"



Figure B.2 – Example for marking tags

IEC/TC97/3 SELV/PELV
Example 2: SELV/PELV, field markings on German airports

- Taxiway sign:
- Metal tag on baseplate



IEC

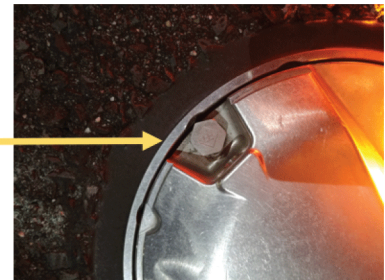
Figure B.3 – Example for field marking (elevated luminaires)

IEC/TC97/3 SELV/PELV
Example 2: SELV/PELV, field markings on German airports

Inset luminaire
Bolt, marking with III symbol

Secondary cable:
Secondary plug

Yellow tag on SELV/PELV protected circuits



IEC

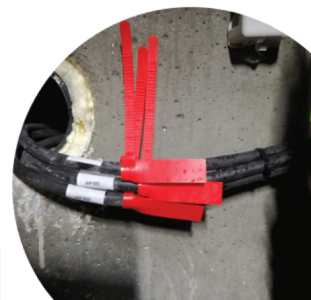
Figure B.4 – Example for field marking (inset luminaires)

IEC/TC97/3 SELV/PELV

Example 2: SELV/PELV, field markings on German airports

- Secondary cable:
 - Secondary plug
 - Plastic tag
 - Red tag markings on none SELV PELV circuits

Tag markings on SELV/PELV lamp transformer
and yellow tags on SELV/PELV cables



IEC

Figure B.5 – Example for field marking (cables)

IEC/TC97/3 SELV/PELV

Example 2: SELV/PELV, field markings on German airports

CCR:

- Sticker on frontplate
- Text: "Circuit with extra low voltage on secondary"

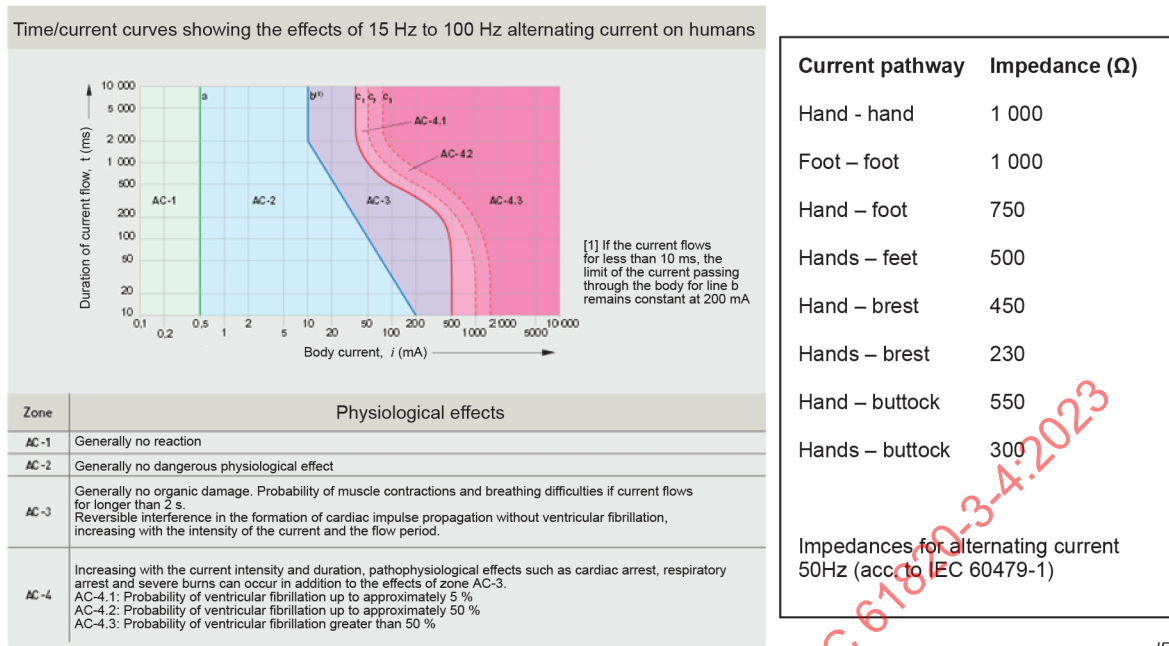


IEC

Figure B.6 – Example for field marking (CCRs)

B.2 Hazard risk information

Figure B.7 shows the risk threshold for a current flowing through the body.



Source: IEC 60479-1.

NOTE The impedance of the human body is estimated in average with $R_K = 1 \text{ k}\Omega$. With that estimation, the maximum hazardous voltage will be given by:

$$U_{b'} = R_K \cdot I$$

$$U_{b'} = 1 \text{ k}\Omega \cdot 50 \text{ mA}$$

$$U_{b'} = 50 \text{ V RMS}$$

Figure B.7 – Current time effect diagram for alternating current 15 Hz to 100 Hz (for ventricular fibrillation current pathway left hand to both feet)

$I = 50 \text{ mA}_{\text{RMS}}$ is regarded as the highest hazard threshold upon ventricular fibrillation is probable up to 50 %.

B.3 Measurement information

B.3.1 Open running safety transformer

An open running transformer driven by a CCR does not generate a sinusoidal voltage at its output. Figure B.8 shows the principle voltage shape of an open running safety transformer.

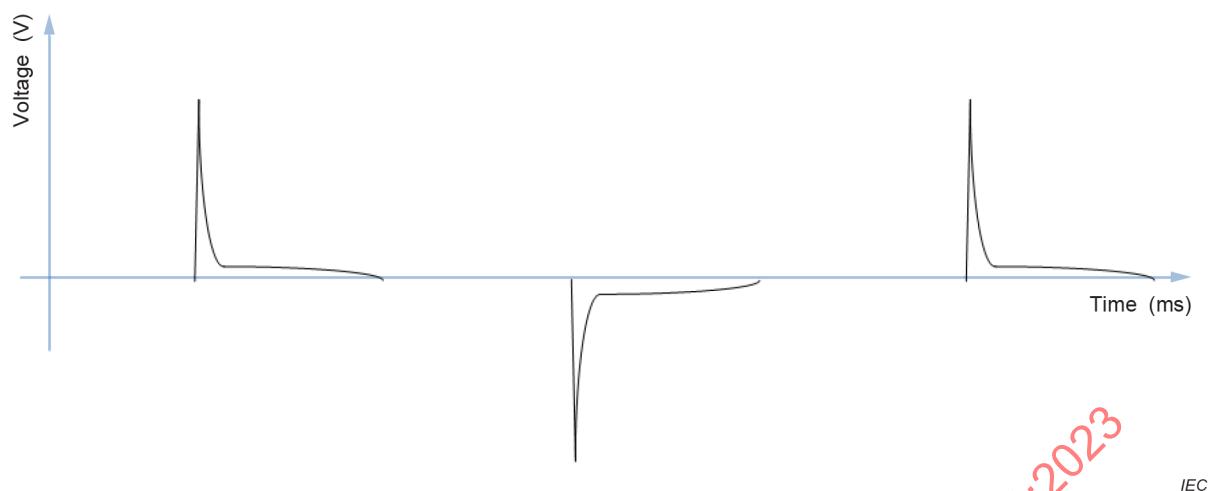


Figure B.8 – Principle voltage shape of an open running safety transformer (output voltage)

B.3.2 65 VA safety transformer unloaded in a real series circuit

Figure B.9 shows a 65 VA safety transformer unloaded in a real series circuit.

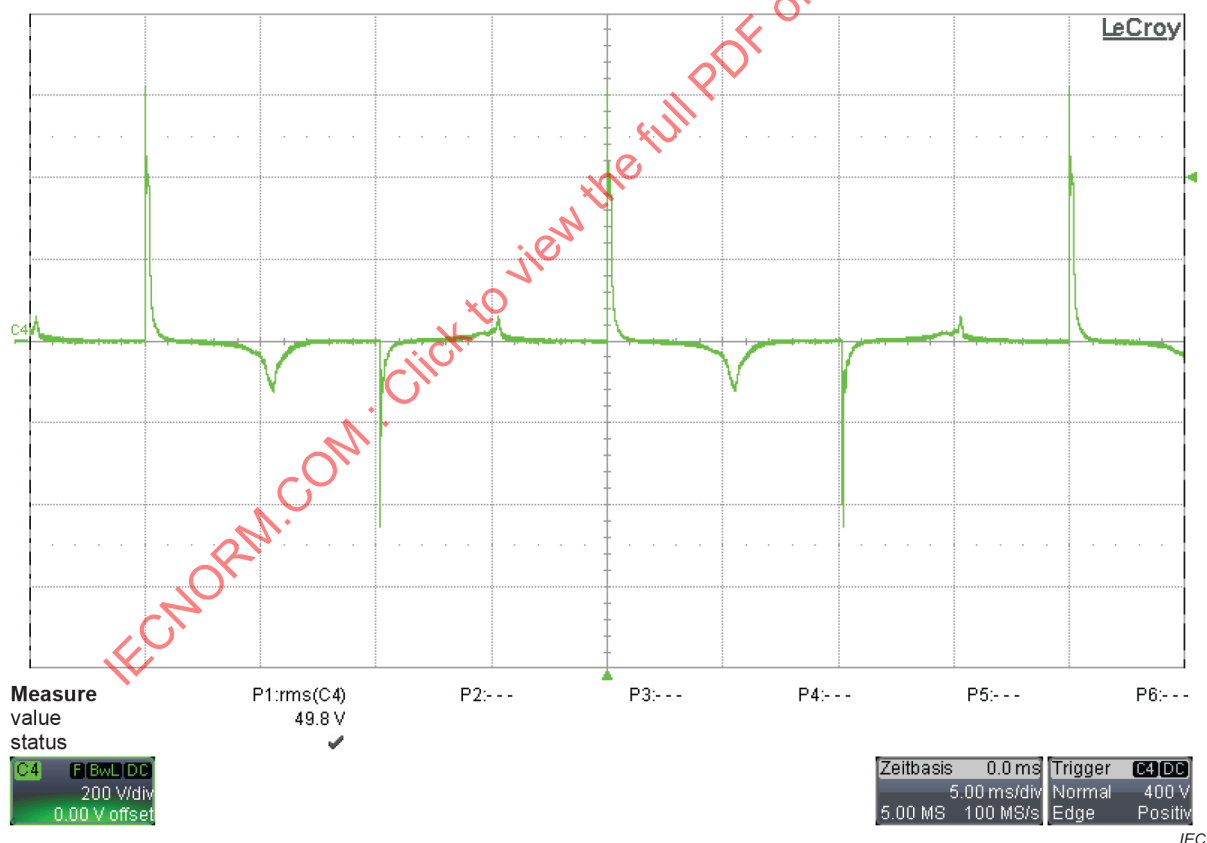


Figure B.9 – Voltage shape measured in a real circuit at an open running 65 W-transformer with a series circuit voltage of 384 V AC RMS and series current of 4,1 A

As it can be seen in Figure B.9, there are peak voltages of more than 600 V AC with an RMS voltage of 49,8 V AC. That means that there is a crest factor of $600/49,8 = 12$. Most of true RMS digital multimeters can read only measuring values with a crest factor of 3. There are many true RMS calculating laboratory measurement equipment, but it is necessary to choose the suitable measuring device in the field with a crest factor > 3 .

B.3.3 100 VA safety transformer unloaded with a quasi-sinewave primary current

Figure B.10 shows a 100 VA safety transformer unloaded with a quasi-sinewave primary current.

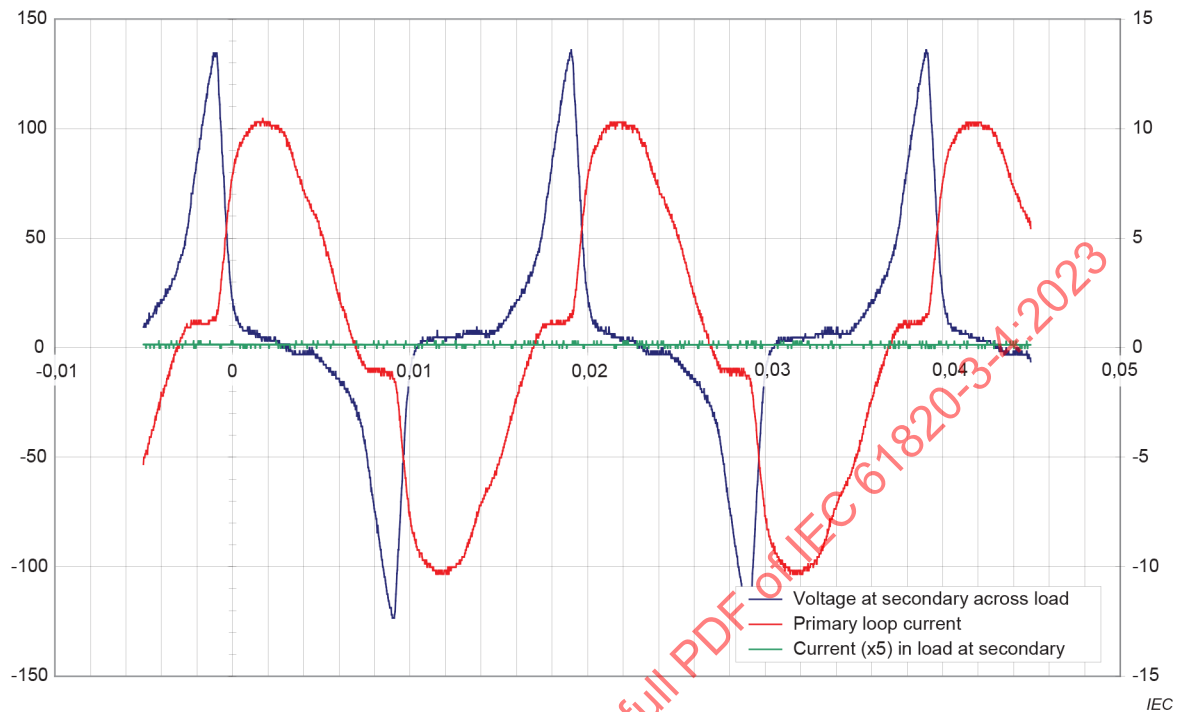


Figure B.10 – Voltage shape on the output of an unloaded safety transformer; measured secondary voltage of 47,49 V AC RMS and a peak-to-peak voltage of 265 V

Annex C (informative)

Additional information

C.1 Determination of the peak voltage for SELV/PELV applications

C.1.1 Standards used

The following standards have been used for the determination of the peak voltage for SELV/PELV applications. Most of the figures and tables are reproduced from IEC 60479-1:2018 and IEC 60479-2:2019 but follows the numbering of this Annex C. Where necessary, the source is given.

- IEC 60479-1:2018.
- IEC 60479-2:2019.

C.1.2 Reason for using

IEC 60479-1:2018 and IEC 60479-2:2019 are used for determination of the peak voltages for SELV/PELV applications in airfield lighting circuits because they deal especially with the effects of shock to a human body and are primarily intended for use by technical committees.

For SELV/PELV applications, the steady state voltage limits are AC 50 V RMS and DC 120 V.

C.2 Case I sinusoidal voltage (SELV, PELV)

As stated in Clause B.2, the current flow through the human body is dependent from the body impedance.

The body impedances are determined from IEC 60479-1:2018, Table 1, according to the level of voltage, the area of contact and the state of moisture of the skin. As a rule, the 50 % value is taken. It can be assumed that there is no complete moisture ingestion of the skin. Then, values for "dry conditions" needs be selected.

EXAMPLE Small touch area (1 cm², dry condition).

Table C.1 gives the total body impedances for a current path hand to hand for small surface contact areas and has been chosen because the most probable case of getting in touch with a voltage is by hands (hand to hand) and only small surface contact areas can be touched.

Table C.1 – Total body impedances Z_T for a current path hand to hand for small surface areas of contact in dry conditions at touch voltages $U_T = 25 \text{ V}$ to $200 \text{ V AC 50/60 Hz}$ (values rounded to 25Ω)

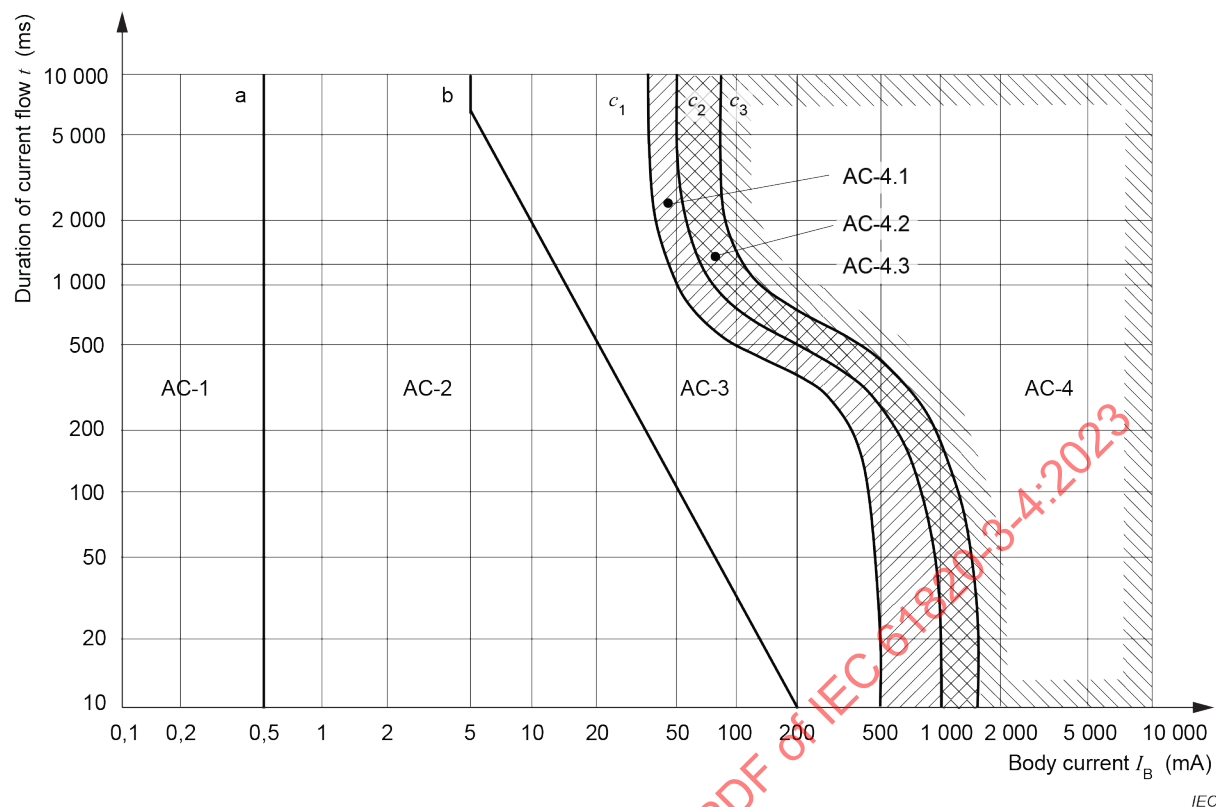
Touch voltage V	Values for the total body impedances Z_T (Ω) that are not exceeded for		
	5 % of the population	50 % of the population	95 % of the population
25	91 250	169 000	317 725
50	74 800	136 000	250 250
75	42 550	74 000	133 200
100	23 000	40 000	70 400
125	12 875	22 000	37 850
150	7 200	12 000	20 225
175	4 000	6 500	10 725
200	3 500	5 400	8 650

Source: IEC 60479-1:2018, Table 7.

For an explanation of contact surface areas, see IEC 60479-1:2018, Figure 15.

The time/current zones and the current boundaries for the different physiological effects of the pathway hand to feet are given in Figure C.1 and Table C.2.

IEC 60479-1:2018 only gives this diagram with a current path hand to feet because, in conventional voltage circuits, TT-systems are used (earthed source) and it is more probable to have a current path from hand to feet.



Source: IEC 60479-1:2018, Figure 20.

The c-1 has its minimum at 40 mA. However, the heart-current factor needs to be considered for the flicker threshold (IEC 60479-1:2018, Table 12).

Figure C.1 – Conventional time/current zones of effects of AC currents (15 Hz to 100 Hz) on persons for a current path corresponding to left hand to feet (see Table C.2)

Table C.2 – Time/current zones for AC 15 Hz to 100 Hz for hand to feet pathway – Summary of zones of Figure C.1

Zones	Boundaries	Physiological effects
AC-1	Up to 0,5 mA curve a	Perception possible but usually no "startled" reaction.
AC-2	0,5 mA up to curve b	Perception and involuntary muscular contractions likely but usually no harmful electrical physiological effects.
AC-3	Curve b and above	Strong involuntary muscular contractions. Difficulty in breathing. Reversible disturbances of heart function. Immobilization may occur. Effects increasing with current magnitude. Usually no organic damage to be expected.
AC-4 ^a	Above curve c_1	Patho-physiological effects may occur such as cardiac arrest, breathing arrest, and burns or other cellular damage. Probability of ventricular fibrillation increasing with current magnitude and time.
	c_1 to c_2	AC-4.1 Probability of ventricular fibrillation increasing up to about 5 %.
	c_2 to c_3	AC-4.2 Probability of ventricular fibrillation up to about 50 %.
	Beyond curve c_3	AC-4.3 Probability of ventricular fibrillation above 50 %.

Source: IEC 60479-1:2018, Table 11.

^a For durations of current flow below 200 ms, ventricular fibrillation is only initiated within the vulnerable period if the relevant thresholds are surpassed. As regards ventricular fibrillation, Figure C.1 relates to the effects of current which flows in the path left hand to feet. For other current paths, the heart current factor has to be considered.

IEC 60479-1:2018, 5.10 and Table 12, reproduced as Table C.3, give information to the application of the heart-current factor.

"5.10 Application of heart-current factor (F)

The heart-current factor permits the calculation of currents I_h through paths other than left hand to feet which represent the same danger of ventricular fibrillation as that corresponding to I_{ref} left hand to feet shown in Figure 20:

$$I_h = \frac{I_{ref}}{F}$$

where

I_{ref} is the body current for the path left hand to feet given in Figure 20;

I_h is the body current for paths given in Table 12;

F is the heart-current factor given in Table 12.

The heart-current factor is to be considered as only a rough estimation of the relative danger of the various current paths with regard to ventricular fibrillation.

For different current paths, the following heart-current factors are given in Table 12."

Table C.3 – Heart-current factor F for different current paths

Current path	Heart-current factor F
Left hand to left foot, right foot or to both feet	1,0
Both hands to both feet	1,0
Left hand to right hand	0,4
Right hand to left foot, right foot or to both feet	0,8
Back to right hand	0,3
Back to left hand	0,7
Chest to right hand	1,3
Chest to left hand	1,5
Seat to left hand, right hand or to both hands	0,7
Left foot to right foot	0,04
Source: IEC 60479-1:2018, Table 12.	

"EXAMPLE A current of 225 mA hand to hand has the same likelihood of producing ventricular fibrillation as a current of 90 mA left hand to both feet."

Hand to hand current path heart current factor is 0,4. With this factor, permissible current can be calculated with a current of 40 mA: $F = 0,4$ – follows $40 \text{ mA} / 0,4 = 100 \text{ mA}$; ventricular threshold according to c-1-curve.

Only hand to hand will be considered because touch is more probable from hand to hand as from hand to feet (in shoes).

C.3 Case II current pulses

In case of current pulses, the body impedance is determined by the initial resistance R_0 .

IEC 60479-1:2018, 4.5 and 4.7, give information on the initial resistance of the human body.

"4.5 Factors affecting initial resistance of the human body (R_0)

At the moment when the touch voltage occurs, capacitances in the human body are not charged. Therefore, skin impedances Z_{S1} and Z_{S2} are negligible and the initial resistance R_0 is approximately equal to the internal impedance of the human body Z_i (see Figure 1). The initial resistance R_0 depends mainly on the current path and to a lesser extent on the surface area of contact.

The initial resistance R_0 limits the current peaks of short impulses (e.g. shocks from electric fence controllers)."

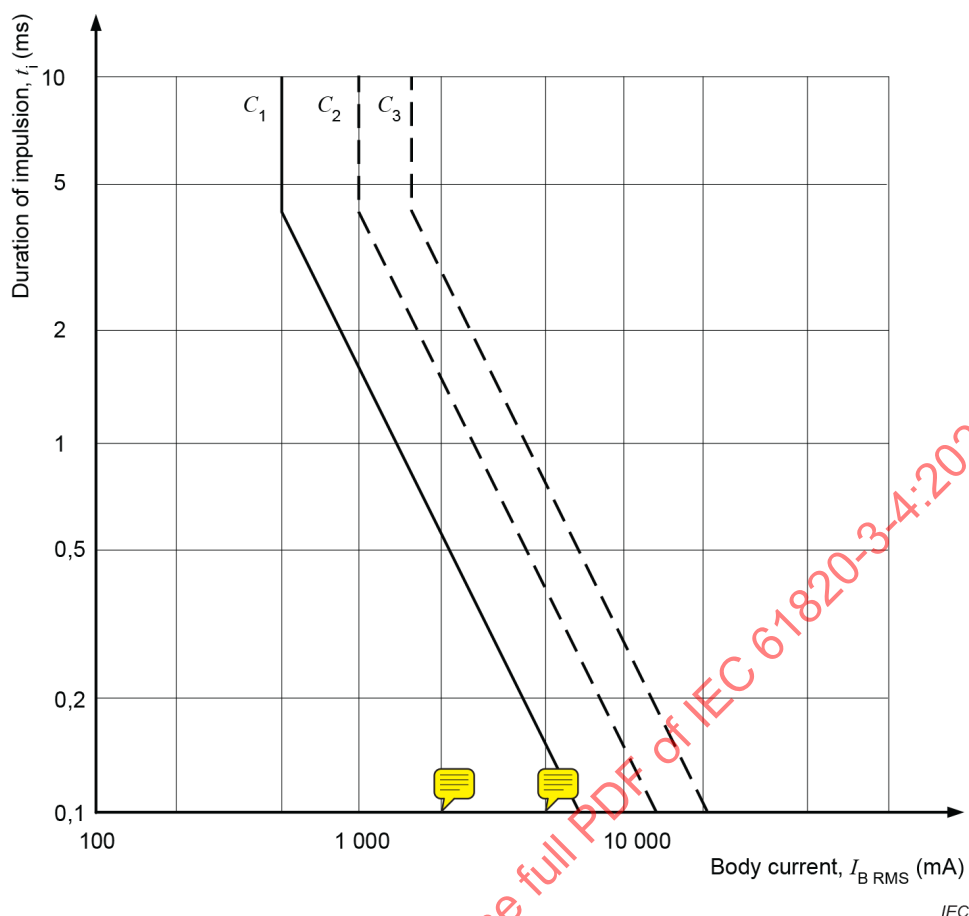
"4.7 Value of the initial resistance of the human body (R_0)

The value of the initial resistance of the human body R_0 for a current path hand to hand or hand to foot and large surface areas of contact can be taken as equal to 500 Ω for a percentile rank of 5 % for alternating current and for direct current. The values for 50 % and 95 % of the population can be taken as equal to 750 Ω and 1 000 Ω respectively (like Table 1). The values depend only little on the surface areas of contact and on conditions of the skin.

NOTE The values for initial resistance R_0 are somewhat lower than the asymptotic values for the total body impedance Z_T for AC 50/60 Hz and the total body resistance R_T for direct current, because when contact is made the capacitances of the skin and the internal capacitance of the body are uncharged."

Thus, an initial resistance of 750 Ω need to be applied, unless the choice of the 95 % value can be justified.

The ventricular thresholds for single pulses are given in Figure C.2, which shows the probability of fibrillation risk for a current path hand to feet.



Source: IEC 60479-2:2019, Figure 23, with modification.

The curves indicate the probability of fibrillation risks for current flowing in the path left hand to feet. For other current paths, see IEC 60479-1:2018, 5.9:

- below C_1 : no fibrillation;
- above C_1 up to C_2 : low risk of fibrillation (up to 5 % probability);
- above C_2 up to C_3 : average risk of fibrillation (up to 50 % probability);
- above C_3 : high risk of fibrillation (more than 50 % probability).

The two yellow markings above are at 2 000 mA and 5 000 mA.

NOTE In the diagram, RMS is the RMS value over the pulse duration. We assume simplified square pulses, with these the peak value is equal to the RMS value.

Figure C.2 – Probability of fibrillation risks for current flowing in the path left hand to feet

EXAMPLE Pulse voltage 1000 V and pulse length 0,5 ms: c-1 threshold about 20 00 mA.

With the heart current factor hand-hand: $2\,000\text{ mA}/0,4 = 5\,000\text{ mA}$.

The individual pulse could therefore be classified as harmless.

IEC 60479-2:2019, Clause 9, describes the effect of pulse repeats. There is a gradual lowering of the fibrillation threshold if the pulses have less than 300 ms. In this case, the flicker threshold may drop to 10 % of the flicker threshold for individual pulses (see IEC 60479-2:2019, Table 1, reproduced as Table C.4).

Table C.4 – Estimate for ventricular fibrillation threshold after each pulse of current in a series of pulses each of which excited the heart tissue in such a manner as to trigger ventricular responses

Pulse of current in a series of pulses separated by less than 100 ms, where the first current pulse is in the AC-3 or DC-3 region of IEC 60479-1:2018, Figure 20 or Figure 22	Estimate of the ventricular fibrillation threshold after each pulse of current in a series of pulses each of which having excited the heart tissue such as to trigger a ventricular response [41], [45] ^a %
First current pulse	100
Second current pulse	65
Third current pulse	42
Fourth current pulse	27
Fifth current pulse	18
Sixth current pulse	12
Seventh and subsequent current pulses	10 or less
Source: IEC 60479-2:2019, Table 1.	
^a Number in square brackets refer to IEC 607949-2:2018, Bibliography.	

Because of the tetanisation threshold, it is necessary to consider whether it can come to a tetanisation at all with the assumed small contact surface, so that the affected person can no longer let go. Here we would have to evaluate from practice which accident constellation can lead to a "permanent tetanisation". What needs to be covered with the left and right hands? Which failure is required?

If one can exclude the "permanent tetanisation", then the question of lowering the fibrillation threshold is also answered. The release from the contact point is then carried out so quickly that a lowering of the fibrillation threshold below the assumed 10 % is no longer possible.

For the above example, a flicker threshold of 500 mA ($5000 \text{ mA} \cdot 0,1$) would then be reached. For this example, a hazard is to be assumed.

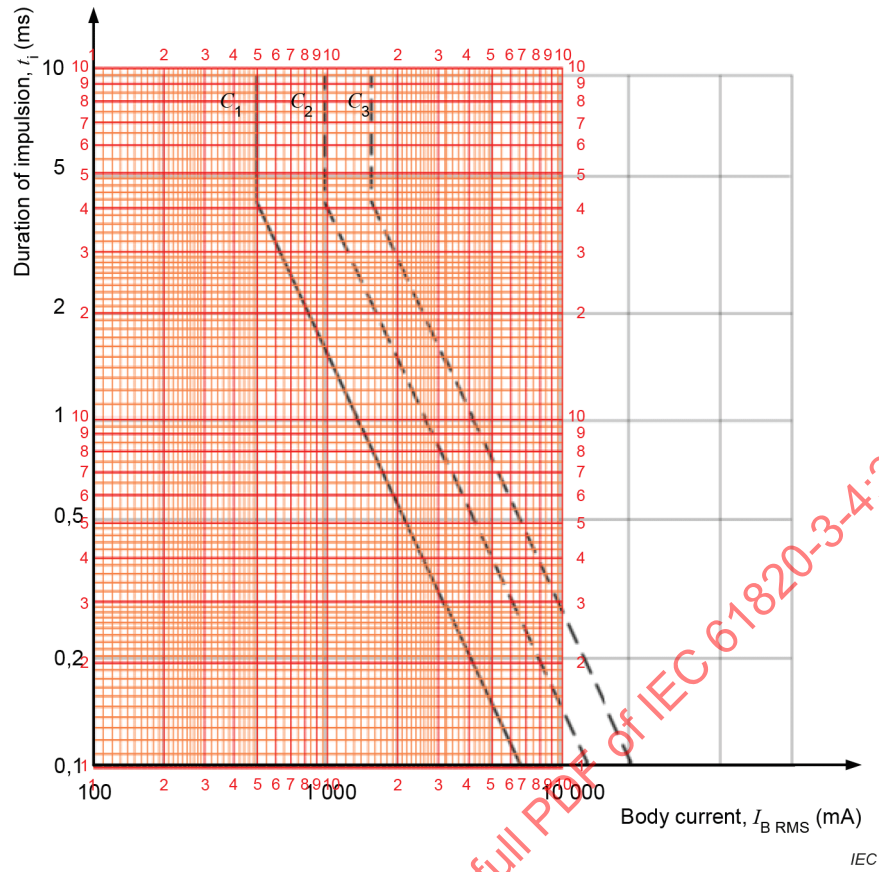
The 10 % estimation of ventricular fibrillation threshold for the seventh and subsequent pulses can be seen as an asymptotic value.

With this information, a voltage peak impulse curve vs peak impulse duration can be drawn (see Figure C.5, resulting of Figure C.3 and Figure C.8).

	information point	remark															
Duration of impulsion	IEC 60479-2, Edition 1.0 2019-05	Figure 23	ms		0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00	
Body current	IEC 60479-2, Edition 1.0 2019-05	Figure 23	below curve	A	6,600	5,000	4,150	3,600	3,100	2,520	2,200	1,910	1,720	1,580	1,430	1,330	
Heart-current-factor	IEC 60479-1, Edition 1.0 2018-12	Table 12	A	0,4	17	13	10	9	8	6	6	5	4	4	4	3	
ventricular fibrillation threshold after each pulse of current in a series of pulses	IEC 60479-2, Edition 1.0 2019-05	Table 1	factor	0,1	1,65	1,25	1,04	0,90	0,78	0,63	0,55	0,48	0,43	0,40	0,36	0,33	
body impedances current path hand to hand for small surface	IEC 60479-1, Edition 1.0 2018-12	point 4.7	Ohm	750													
Peak Voltage			V		1.237,50	937,50	778,13	675,00	581,25	472,50	412,50	358,13	322,50	296,25	268,13	249,38	

IEC

Figure C.3 – Extracted data from IEC 60479-2:2019, Figure 23



Source: IEC 60479-2:2019, Figure 23, with modification.

Figure C.4 – Modified IEC 60479-2:2019, Figure 23

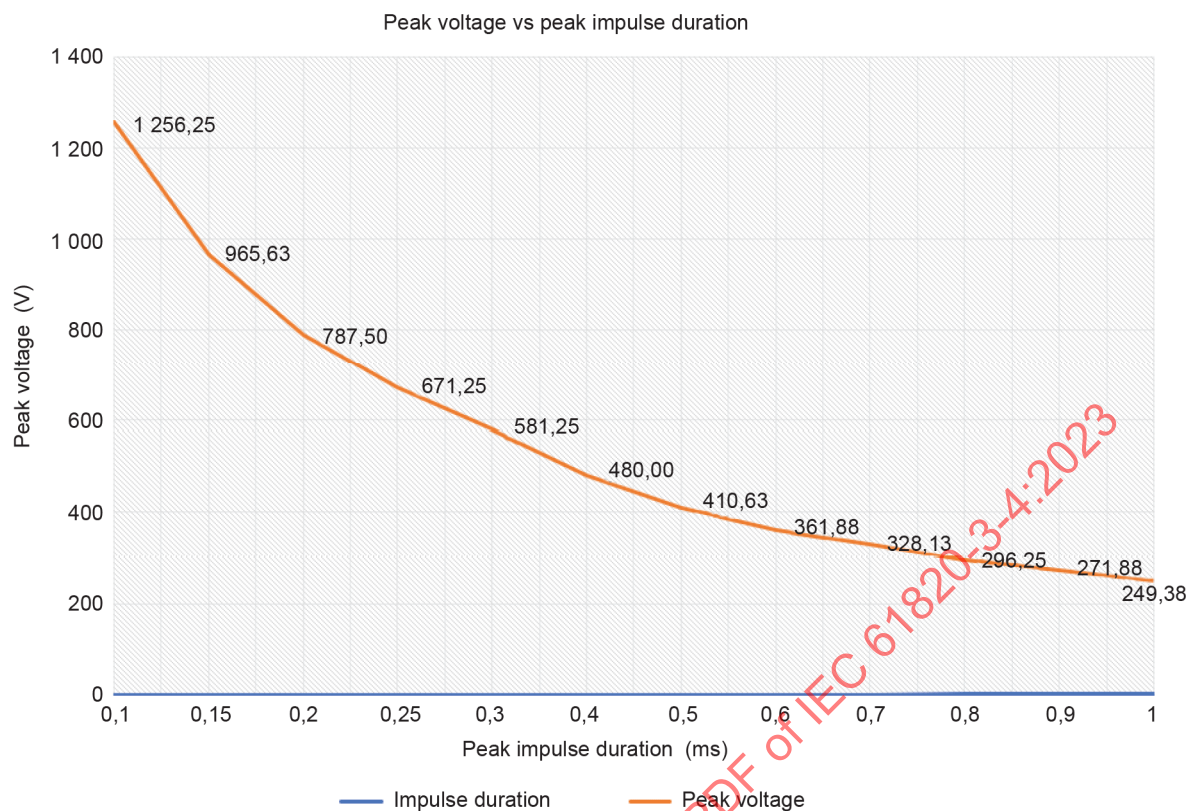
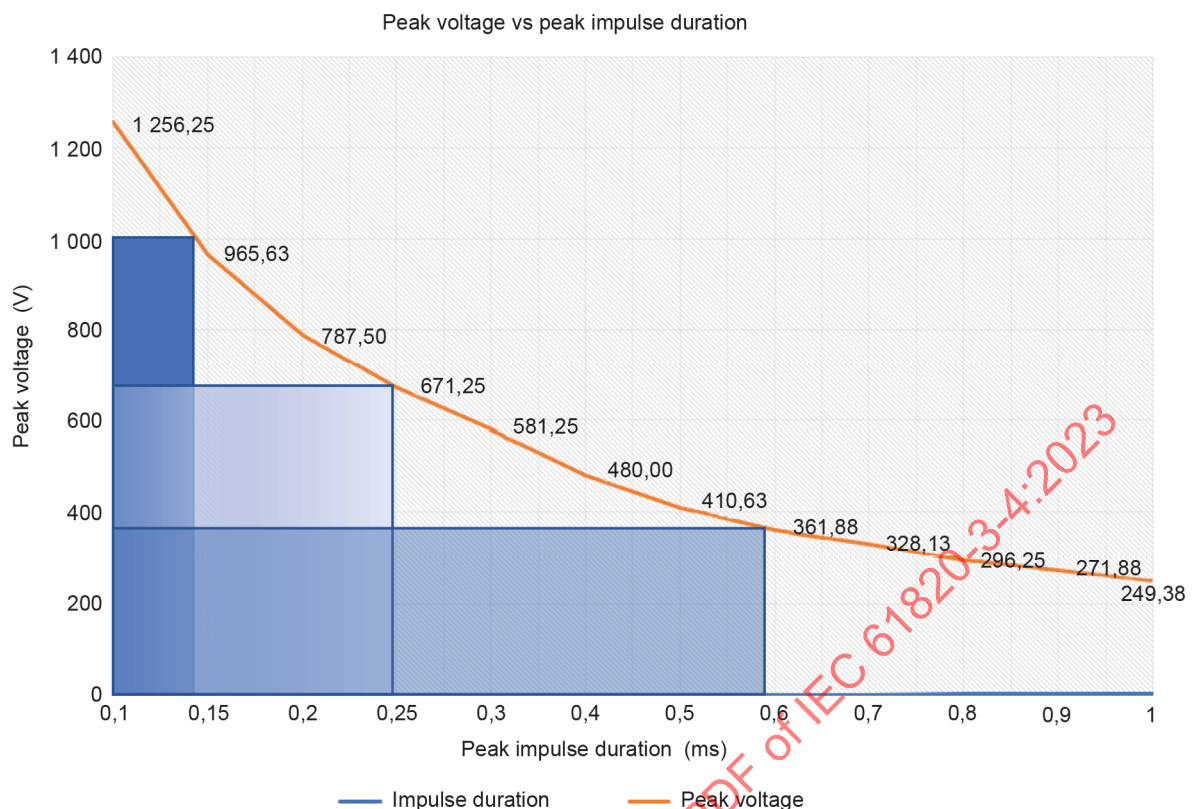


Figure C.5 – Peak voltage vs peak impulse duration

This gives allowable values for a 50 Hz non sinusoidal spike voltage for the spike height vs the spike length.

In the future, the IEC 60479 series will give a charge value of 4 mC.

Examples for permissible (rectangular) pulses are shown in Figure C.6.

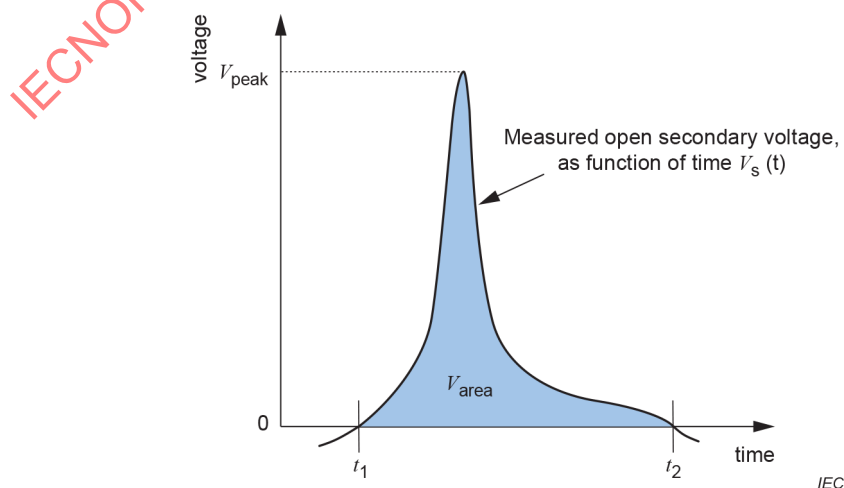


IEC

Figure C.6 – Peak voltage vs peak impulse duration with permissible (rectangular) pulses

In Figure C.6, peak voltage is shown against the maximum allowed pulse duration for repetitive open safety transformer secondary voltages. As an example, a rectangular voltage pulse with an approximately 700 V (peak) voltage value requires to be shorter than 0,25 ms.

The actual voltage pulses measured from the secondary AGL transformer are not rectangular. A typical open secondary pulse is highly peaked with a short-lived high voltage peak followed by a prolonged lower voltage tail, see Figure C.7. Direct pulse duration measurement ($t_2 - t_1$) from the measured voltage signal $V_s(t)$ would give an overly long pulse time considering the risk. Therefore, an equivalent rectangular pulse duration (t_{erp}) may be calculated.



IEC

Figure C.7 – Open secondary voltage peak

The equivalent rectangular pulse duration (t_{erp}) is the area of the measured voltage pulse divided by the measured peak voltage of the pulse:

$$t_{\text{erp}} = \frac{V_{\text{area}}}{V_{\text{peak}}}$$

where the voltage area (V_{area}) is

$$V_{\text{area}} = \int_{t_1}^{t_2} V_s(t) dt$$

In effect, t_{erp} is the duration of a rectangular pulse with the same peak voltage and same voltage area as the measured voltage pulse. In realistic cases, with AGL safety transformers, t_{erp} is substantially shorter than the directly measured pulse duration $t_2 - t_1$.

The maximum allowed pulse duration (t_{max}) is extracted from the peak voltage vs peak impulse duration graph using the measured peak voltage (V_{peak}) and the calculated equivalent rectangular pulse duration t_{erp} is compared to it. For an allowed pulse, shape t_{erp} requires to be shorter than the corresponding t_{max} .

An example is showed in Figure C.8. A measured open secondary voltage pulse with a peak voltage $V_{\text{peak}} = 296 \text{ V}$ and with a voltage area $V_{\text{area}} = 0,19 \text{ V}\cdot\text{s}$ has a calculated equivalent rectangular pulse duration of $t_{\text{erp}} = 0,19 \text{ Vs} / 296 \text{ V} = 0,64 \text{ ms}$. The maximum allowed pulse duration for a pulse with a 296 V peak voltage is $t_{\text{max}} = 0,85 \text{ ms}$ (extracted from Figure C.8). This shape would therefore be allowed as a repetitive open AGL lamp secondary voltage pulse. In addition to this pulse shape requirement, the RMS value of each of the pulses in an open secondary voltage pulse train requires to be smaller than 50 V RMS.

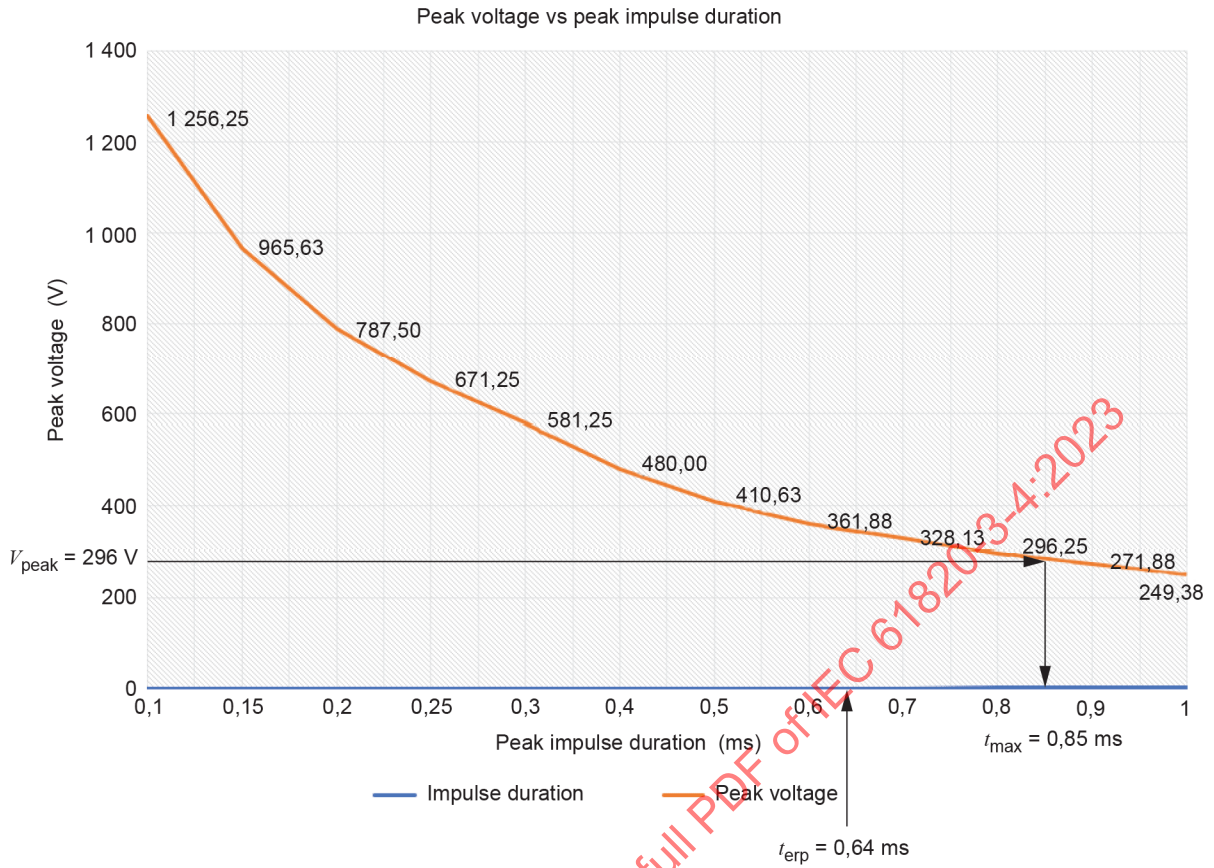


Figure C.8 – Example – t_{erp} vs t_{max} comparison

Bibliography

IEC 60050-195, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 195: Earthing and protection against electric shock*, available at www.electropedia.org

IEC 60050-581, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 581: Electromechanical components for electronic equipment*, available at www.electropedia.org

IEC 60050-826, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 826: Electrical installations*, available at www.electropedia.org

IEC 60050-903, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 903: Risk assessment*, available at www.electropedia.org

IEC 60364-1:2005, *Low-voltage electrical installations – Part 1: Fundamental principles, assessment of general characteristics, definitions*

IEC 60479-1:2018, *Effects of current on human beings and livestock – Part 1: General aspects*

IEC 60479-2:2019, *Effects of current on human beings and livestock – Part 2: Special aspects*

IEC TS 61201:2007, *Use of conventional touch voltage limits – Application guide*

IEC 61558-1:2017, *Safety of transformers, reactors, power supply units and combinations thereof – Part 1: General requirements and tests*

IEC 61558-2-4:2021, *Safety of transformers, reactors, power supply units and combinations thereof – Part 2-4: Particular requirements and tests for isolating transformers and power supply units incorporating isolating transformers for general applications*

IEC 61820-1, *Electrical installations for aeronautical ground lighting at aerodromes – Part 1: Fundamental principles*

IEC 61820-2:—, *Electrical installations for lighting and beaconing of aerodromes – Part 2: Requirements for series circuits*¹

¹ Under preparation. Stage at the time of publication: IEC/CDM 61820-2:2023.

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	49
INTRODUCTION.....	51
1 Domaine d'application	52
2 Références normatives	52
3 Termes, définitions et abréviations	53
3.1 Termes et définitions	53
3.2 Abréviations.....	56
4 Exigences pour l'alimentation TBTS/TBTP.....	56
4.1 Généralités	56
4.2 Ligne de démarcation de sécurité de TBTS/TBTP dans un circuit série ASL	57
4.3 Conditions d'environnement	58
4.4 Degré de protection procuré par les enveloppes	58
4.5 Compatibilité électromagnétique (CEM)	58
4.5.1 Limites d'émission électromagnétique.....	58
4.5.2 Limites d'immunité	59
4.6 Marquage	59
4.6.1 Marquage de l'alimentation TBTS/TBTP (bloc unique: transformateur de sécurité combiné avec un limiteur).....	59
4.6.2 Marquage de l'alimentation TBTS/TBTP (blocs multiples: transformateur de sécurité en série avec un limiteur séparé).....	59
4.6.3 Marquage aux emplacements d'installation	59
4.7 Protection contre les chocs électriques	60
4.7.1 Exigences de base	60
4.7.2 Mesure de protection à appliquer.....	60
4.7.3 Limite de tension pour le circuit TBTS/TBTP.....	60
4.7.4 Séparation de protection du circuit série primaire	62
4.7.5 Assemblages en alimentation TBTS/TBTP	63
4.8 Interfaces.....	63
4.8.1 Bloc d'alimentation	63
4.8.2 Connecteurs	63
5 Méthode utile pour une configuration de circuit série TBTS/TBTP.....	63
5.1 Généralités	63
5.2 Méthode: approche systémique.....	64
5.3 Méthode: approche systémique étendue (avec limiteur)	64
5.4 Vérification de la méthode choisie.....	64
6 Essais	64
6.1 Généralités	64
6.2 Essai de conception du système	65
6.2.1 Généralités	65
6.2.2 Essai pour la méthode "approche systémique".....	65
6.2.3 Essai pour la méthode "approche systémique étendue" (essai de type du dispositif).....	67
6.3 Essais individuels de série de production.....	68
6.3.1 Essai du transformateur.....	68
6.3.2 Essai du limiteur	68
6.4 Essai de terrain.....	69
6.4.1 Essai de terrain sans limiteur supplémentaire	69

6.4.2	Essai de terrain avec limiteur supplémentaire	70
Annex A (informative)	Choix de conception du système	72
Annex B (informative)	Marquage et informations relatives au risque de phénomène dangereux	73
B.1	Exemples de marquages	73
B.2	Informations relatives au risque de phénomène dangereux	75
B.3	Informations relatives au mesurage	76
B.3.1	Transformateur de sécurité qui fonctionne en circuit ouvert	76
B.3.2	transformateur de sécurité 65 VA non chargé dans un circuit série réel	77
B.3.3	Transformateur de sécurité de 100 VA non chargé avec un courant primaire quasi sinusoïdal	78
Annex C (informative)	Informations complémentaires	79
C.1	Détermination de la tension de crête pour des applications de TBTS/TBTP	79
C.1.1	Normes utilisées	79
C.1.2	Motif d'utilisation	79
C.2	Cas I: tension sinusoïdale (TBTS, TBTP)	79
C.3	Cas II: impulsions de courant	83
Bibliographie		91
Figure 1	– Ligne de démarcation de sécurité dans un schéma très basse tension de sécurité (schéma TBTS)	57
Figure 2	– Ligne de démarcation de sécurité dans un schéma très basse tension de protection (schéma TBTP)	58
Figure 3	– Limite de tension de contact alternative non récurrente à court terme	61
Figure 4	– Limite de tension de contact de crête récurrente à court terme	62
Figure 5	– Configuration d'essai pour des essais de type sans limiteur	67
Figure 6	– Configuration d'essai pour des essais de type avec limiteur	68
Figure 7	– Configuration d'essai pour des essais de terrain sans limiteur	70
Figure 8	– Configuration d'essai pour des essais de terrain avec limiteur	71
Figure B.1	– Exemple de marquage (feu, boulon, câble)	73
Figure B.2	– Exemple d'étiquettes de marquage	73
Figure B.3	– Exemple de marquage de terrain (feux hors-sol)	74
Figure B.4	– Exemple de marquage de terrain (feux encastrés)	74
Figure B.5	– Exemple de marquage de terrain (câbles)	75
Figure B.6	– Exemple de marquage de terrain (CCR)	75
Figure B.7	– Diagramme d'effets courant-temps pour un courant alternatif de 15 Hz à 100 Hz (pour un trajet de courant de fibrillation ventriculaire de la main gauche vers les deux pieds)	76
Figure B.8	– Forme de tension de principe d'un transformateur de sécurité qui fonctionne en circuit ouvert (tension de sortie)	77
Figure B.9	– Forme de tension mesurée dans un circuit réel au niveau d'un transformateur de 65 W qui fonctionne en circuit ouvert avec une tension de circuit série de 384 V en valeur efficace en courant alternatif et un courant série de 4,1 A	77
Figure B.10	– Forme de tension à la sortie d'un transformateur de sécurité non chargé; tension secondaire mesurée de 47,49 V en valeur efficace en courant alternatif et tension crête à crête de 265 V	78

Figure C.1 – Zones temps/courant conventionnelles des effets des courants alternatifs (15 Hz à 100 Hz) sur des personnes pour un trajet de courant correspondant main gauche à pieds (pour plus de détails, voir le Tableau C.2)	81
Figure C.2 – Probabilité de risques de fibrillation pour un écoulement de courant dans le trajet main gauche à pieds	84
Figure C.3 – Données tirées de la Figure 23 de l'IEC 60479-2:2019	86
Figure C.4 – Figure 23 de l'IEC 60479-2:2019 modifiée	86
Figure C.5 – Tension de crête en fonction de la durée d'impulsion de crête	87
Figure C.6 – Tension de crête en fonction de la durée d'impulsion de crête avec impulsions (rectangulaires) admissibles	88
Figure C.7 – Tension de crête secondaire en circuit ouvert	89
Figure C.8 – Exemple – Comparaison de t_{erp} à t_{max}	90
Tableau A.1 – Comparaison des caractéristiques de la TBTP et de la TBTS	72
Tableau C.1 – Impédance totale du corps humain Z_T pour un trajet de courant main à main pour des surfaces de contact faibles dans des conditions sèches, pour des tensions de contact U_T de 25 V à 200 V en courant alternatif 50/60 Hz (valeurs arrondies à 25 Ω)	80
Tableau C.2 – Zones temps/courant en tension alternative 15 Hz à 100 Hz pour un trajet main à pied – Description des zones de la Figure C.1	82
Tableau C.3 – Facteur de courant de cœur F pour différents trajets du courant	83
Tableau C.4 – Estimation du seuil de fibrillation ventriculaire après chaque impulsion de courant d'une série d'impulsions où chacune a excité le tissu cardiaque de manière à déclencher des réponses ventriculaires	85

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES POUR L'ÉCLAIRAGE ET
LE BALISAGE DES AÉRODROMES –****Partie 3-4: Circuits secondaires de sécurité dans les circuits série –
Exigences générales de sécurité****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.

L'IEC 61820-3-4 a été établie par le comité d'études 97 de l'IEC: Installations électriques pour l'éclairage et le balisage des aéroports. Il s'agit d'une Norme internationale.

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

Projet	Rapport de vote
97/253/FDIS	97/256/RVD

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

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

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

Une liste de toutes les parties de la série IEC 61820, publiées sous le titre général *Installations électriques pour l'éclairage et le balisage des aéroports*, se trouve sur le site web de l'IEC.

Les futurs documents de cette série porteront le nouveau titre général cité ci-dessus. Le titre des documents qui existent déjà dans cette série sera mis à jour lors de leur prochaine édition.

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 webstore.iec.ch dans les données relatives au document recherché. À cette date, le document sera

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

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

INTRODUCTION

À quelques exceptions près, le balisage aéronautique au sol est conçu à partir d'une technologie de circuits série qui fonctionne avec un courant constant et une tension d'entrée maximale de 5 000 V en valeur efficace en courant alternatif, tolérances comprises. La tension d'entrée du circuit série est constamment ajustée par un régulateur à courant constant pour maintenir le courant du circuit série indépendamment des variations de la charge. Les propriétés et les caractéristiques des régulateurs à courant constant sont fournies dans l'IEC 61822. En raison de la structure du circuit série, à savoir une connexion en série de toutes les charges, les dispositifs de protection habituels pour la protection du personnel d'un réseau IT, TT ou TN ne peuvent pas être utilisés.

Le balisage aéronautique au sol est défini comme tout éclairage fourni comme une aide à la navigation aérienne et, en tant que tel, est soumis à des exigences spécifiques en ce qui concerne ses niveaux de résilience, de disponibilité et d'aptitude au service. Par conséquent, les défauts d'isolement dans le circuit série sont souvent tolérés, et n'entraînent pas la déconnexion automatique de l'alimentation électrique du circuit série.

Au regard de ce qui précède, l'IEC 61821 indique qu'aucun travail de quelque type que ce soit n'est normalement admis sur des circuits série sous tension sans effectuer en premier lieu une évaluation des risques convenable et suffisante et utiliser un équipement de protection approprié conformément à l'IEC 61821.

Les caractéristiques électriques des circuits série à courant constant sont souvent confondues avec celles des réseaux IT, TT ou TN, à savoir une tension d'entrée constante, des matériels connectés en parallèle, et un courant qui dépend de la charge. En pratique, il n'est pas toujours facile d'attribuer correctement des tensions assignées à chaque composant du circuit série ou de déterminer les tensions de contact possibles. Dans un circuit série à courant constant, la tension assignée des matériels du circuit série et la tension de contact maximale dépassent fréquemment la tension d'entrée normale de l'alimentation secteur.

Dans une installation qui comporte un circuit série, la tension d'entrée du circuit série est divisée proportionnellement aux résistances internes des différentes charges. La tension assignée, c'est-à-dire la tension entre les lignes d'entrée des matériels, est définie par le courant du circuit série qui traverse les matériels et par leurs impédances d'entrée. Puisque l'impédance d'entrée dépend de la conception des matériels et que le courant du circuit série est constant, la tension d'entrée reste la même pour chaque matériel. En conséquence du contrôle du courant dans le circuit série, la tension d'entrée du circuit série dépend de la charge et correspond à la somme de toutes les tensions partielles dans le circuit série.

Ceci est différent de la détermination de la tension de contact maximale possible par rapport à la terre dans un circuit série. Puisqu'un ou plusieurs défauts à la terre de résistance à la terre variable peuvent être présents, la tension de contact par rapport à la terre peut atteindre n'importe quelle valeur jusqu'à la tension d'entrée maximale du circuit série en fonction de l'emplacement du défaut à la terre et des matériels installés dans le circuit série. Ainsi, lors de la détermination de la rigidité diélectrique par rapport au potentiel de terre, il est d'usage de prendre la tension d'entrée maximale du circuit série. De telles particularités du circuit série ont été prises en considération dans les exigences des systèmes d'éclairage du présent document.

Puisqu'il n'existe que peu de caractéristiques de sécurité efficaces disponibles pour la protection du personnel dans la technologie des circuits série, la mesure de protection "très basse tension de sécurité (TBTS)" et "très basse tension de protection (TBTP)" est appliquée dans la présente norme pour l'alimentation des systèmes d'éclairage. Cette mesure est pratique courante et peut faire appel à l'application d'une méthodologie bien connue et acceptée. L'utilisation de la TBTS/TBTP dans ce type d'application a été rendue possible par l'introduction d'une nouvelle technologie d'éclairage dont les exigences de puissance sont moins strictes et qui exige par conséquent une tension d'alimentation inférieure.

NOTE Le présent document est fondé sur la spécification de la TBTS selon l'IEC 60364-4-41 et l'IEC 61558- 1.

INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES POUR L'ÉCLAIRAGE ET LE BALISAGE DES AÉRODROMES –

Partie 3-4: Circuits secondaires de sécurité dans les circuits série – Exigences générales de sécurité

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 61820 spécifie des dispositions de protection pour le fonctionnement de systèmes d'éclairage alimentés par des circuits série pour le balisage aéronautique au sol.

Les dispositions de protection décrites ici se rapportent uniquement à des systèmes d'alimentation secondaires pour des charges séparées électriquement du circuit série.

Le présent document spécifie le niveau de TBTS et, en variante, de TBTP envisagé pour une protection supplémentaire du personnel lors d'un travail effectué sur des circuits secondaires sous tension par des personnes qualifiées en électricité. Le présent document couvre également les caractéristiques opérationnelles spéciales du balisage aéronautique au sol et traite du niveau de formation et des exigences relatives aux procédures de maintenance décrites dans l'IEC 61821 et dans d'autres réglementations nationales ou régionales.

Les exigences et les essais sont destinés à définir un cadre de spécification pour les concepteurs de systèmes, les installateurs de systèmes, les utilisateurs et le personnel de maintenance afin d'assurer une utilisation économique et en toute sécurité des systèmes électriques dans les installations destinées au balisage des aéroports.

Le présent document complète les normes existantes de l'IEC relatives au balisage aéronautique au sol (AGL, *Aeronautical Ground Lighting*) et peut être utilisé comme spécification de conception.

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 60364-4-41:2005, *Installations électriques à basse tension – Partie 4-41: Protection pour assurer la sécurité – Protection contre les chocs électriques*

IEC 60417, *Symboles graphiques utilisables sur le matériel*, disponible à l'adresse <http://www.graphicalsymbols.info/equipment>

IEC 60529:1989, *Degrés de protection procurés par les enveloppes (Code IP)*

IEC 60529:1989/AMD1:1999

IEC 60529:1989/AMD2:2013

IEC 61000-6-2:2016, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 6-2: Normes génériques – Immunité pour les environnements industriels*

IEC 61000-6-4:2018, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 6-4: Normes génériques – Norme sur l'émission pour les environnements industriels*

IEC 61140:2016, *Protection contre les chocs électriques – Aspects communs aux installations et aux matériels*

IEC 61558-2-6:2021, *Safety of transformers, reactors, power supply units and combinations thereof – Part 2-6: Particular requirements and tests for safety isolating transformers and power supply units incorporating safety isolating transformers for general applications* (disponible en anglais seulement)

IEC 61820-1:2019, *Installations électriques pour le balisage aéronautique au sol dans les aéroports – Partie 1: Principes fondamentaux*

IEC 61821:2011, *Installations électriques pour l'éclairage et le balisage des aéroports – Maintenance des circuits série à courant constant pour le balisage aéronautique au sol*

IEC 61822:2009, *Installations électriques pour l'éclairage et le balisage des aéroports – Régulateurs du courant constant*

IEC 61823:2002, *Installations électriques pour l'éclairage et le balisage des aéroports – Transformateurs série utilisés pour l'éclairage et le balisage aéronautique au sol*

IEC 63067:2020, *Installations électriques pour l'éclairage et le balisage des aéroports – Dispositifs de connexion – Exigences générales et essais*

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

CISPR 11:2015/AMD1:2016

CISPR 11:2015/AMD2:2019

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

3 Termes, définitions et abréviations

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

3.1.1

assemblage

unité fonctionnelle fermée et indépendante qui forme un système d'éclairage conjointement avec d'autres assemblages

3.1.2

isolation principale

isolation des parties actives dangereuses qui assure la protection principale

Note 1 à l'article: Cette notion n'est pas applicable à l'isolation exclusivement utilisée à des fins fonctionnelles.

[SOURCE: IEC 60050-581:2008, 581-21-24]

3.1.3

personne qualifiée en électricité

personne ayant la formation et l'expérience appropriées pour lui permettre de percevoir les risques et d'éviter les dangers que peut présenter l'électricité

[SOURCE: IEC 60050-195:2021, 195-04-01]

3.1.4

très basse tension

TBT

tension qui ne dépasse pas la limite de tension adéquate spécifiée en 4.7.3

3.1.5

très basse tension de sécurité

TBTS

valeurs de tension qui ne dépassent pas les valeurs indiquées en 4.7.3, entre des conducteurs, ou entre tout conducteur et une terre de référence, dans un circuit électrique qui possède une séparation électrique avec le système d'alimentation électrique par un moyen tel qu'un transformateur à enroulements séparés

3.1.6

schéma TBTS

schéma électrique dont la tension ne peut pas dépasser la valeur de la très basse tension:

- dans des conditions normales et
- dans des conditions de premier défaut, y compris les défauts à la terre dans les autres circuits électriques

Note 1 à l'article: TBTS est l'abréviation de très basse tension de sécurité.

[SOURCE: IEC 60050-195:2021, 195-06-28]

3.1.7

schéma TBTP

schéma électrique dont la tension ne peut pas dépasser la valeur de la très basse tension:

- dans des conditions normales; et
- dans des conditions de premier défaut, y compris les défauts à la terre dans les autres circuits électriques

Note 1 à l'article: TBTP est l'abréviation de très basse tension de protection.

[SOURCE: IEC 60050-195:2021, 195-06-29]

3.1.8

alimentation TBTS/TBTP

unité physique unique ou assemblage d'unités physiques qui remplit la fonction de l'alimentation électrique selon les définitions de TBTS/TBTP

3.1.9

séparation de protection

séparation entre deux circuits électriques au moyen

- d'une double isolation; ou
- d'une isolation principale et d'une protection électrique par écran; ou
- d'une isolation renforcée

3.1.10**bloc d'alimentation**

composants qui servent à la fourniture et au transfert de l'énergie utilisée pour faire fonctionner une unité d'éclairage dans un circuit série

3.1.11**choc électrique**

effet physiologique résultant du passage d'un courant électrique à travers un corps humain ou celui d'un animal

[SOURCE: IEC 60050-195:2021, 195-01-04]

3.1.12**partie active dangereuse**

partie active qui peut provoquer, dans certaines conditions, un choc électrique nuisible

[SOURCE: IEC 60050-195:2021, 195-06-05, modifié – La Note à l'article a été supprimée.]

3.1.13**tension de contact**

tension entre des parties conductrices quand elles sont touchées simultanément par une personne ou un animal

Note 1 à l'article: La valeur de la tension de contact effective peut être sensiblement influencée par l'impédance de la personne ou de l'animal en contact électrique avec ces parties conductrices.

[SOURCE: IEC 60050-195:2021, 195-05-11, modifié – Les mots "un être humain ou un animal" ont été remplacé par "une personne ou un animal"; les mots "effective" et "sensiblement" ont été ajoutés à la Note 1 à l'article.]

3.1.14**condition de premier défaut**

condition dans laquelle il existe un défaut d'une protection simple (mais pas d'une protection renforcée), d'un composant ou d'un dispositif unique

[SOURCE: IEC 60050-903:2013, 903-01-15, modifié – La Note 1 à l'article a été supprimée.]

3.1.15**feu****feu de balisage**

dispositif électrique utilisé pour créer un rayonnement lumineux artificiel en utilisant une lampe électrique/LED/source lumineuse située au-dessus du niveau du sol ou dans la chaussée

Note 1 à l'article: Le feu de balisage est un appareil qui sert à répartir, filtrer ou transformer le rayonnement lumineux émis par une ou plusieurs lampes et qui comprend, à l'exclusion des lampes elles-mêmes, toutes les pièces nécessaires pour le support, la visée, la fixation et la protection des lampes et, si nécessaire, les circuits auxiliaires et les dispositifs de connexion au circuit d'alimentation.

3.1.16**limiteur**

dispositif qui limite la tension de sortie d'un transformateur de sécurité à une valeur maximale définie

Note 1 à l'article: La probabilité de choc électrique augmente avec le niveau de tension, l'aire de surface de la partie conductrice accessible ou du circuit en contact avec la peau, et la condition d'humidité de la peau.

3.1.17**transformateur de sécurité**

transformateur de séparation des circuits avec une séparation de protection entre les enroulements primaires et secondaires

[SOURCE: IEC 61558-1:2017, 3.1.2, modifié – Les mots "de séparation des circuits" ont été remplacés par "de sécurité" dans le terme, et les mots "de séparation des circuits" ont été ajoutés à la définition.]

3.1.18

condition sèche

condition de peau d'une surface de contact qui correspond à l'humidité d'une personne vivante, au repos dans des conditions intérieures normales

3.2 Abréviations

AGL (Aeronautical Ground Lighting)	balisage aéronautique au sol
IP	code qui permet de définir le degré de protection d'une enveloppe
TBT	très basse tension
CEM	compatibilité électromagnétique
CISPR	comité international spécial des perturbations radioélectriques
AC (Alternating Current)	courant alternatif
DC (Direct Current)	courant continu
CCR (Constant Current Regulator)	régulateur du courant constant
DUT (Device Under Test)	dispositif à l'essai
ISO (International Standard Organization)	organisation internationale de normalisation
IEC (International Electrotechnical Commission)	Commission Électrotechnique Internationale
ILCMS (Integrated Lamp Control and Monitoring System)	système de commande et de surveillance intégrées de l'éclairage

4 Exigences pour l'alimentation TBTS/TBTP

4.1 Généralités

Les feux destinés à être utilisés pour le balisage aéronautique au sol doivent être conçus pour être utilisés dans un circuit série. Les puissances assignées maximales de l'alimentation d'un circuit série sont données par les régulateurs du courant constant conformément à l'IEC 61822. Si les systèmes d'éclairage sont conçus pour d'autres plages de courants, ces informations doivent être fournies par le fabricant.

Le circuit série doit être conçu pour une tension nominale du réseau de classe V2: tension nominale du réseau inférieure ou égale à 1 000 V en courant alternatif conformément au 6.3 de l'IEC 61820-1:2019.

La conception du circuit secondaire de sécurité doit contribuer à des conditions de travail en toute sécurité pour des personnes qualifiées en électricité.

Les opérations de maintenance doivent suivre l'IEC 61821. Des réglementations nationales ou régionales peuvent s'appliquer. Lorsqu'un travail sous tension est envisagé sur le circuit secondaire, il convient que l'évaluation des risques prenne en considération la nature du travail (recherche de défauts, essais et réparation), la nature des phénomènes dangereux présents, et la fourniture de conceptions TBTS/TBTP.

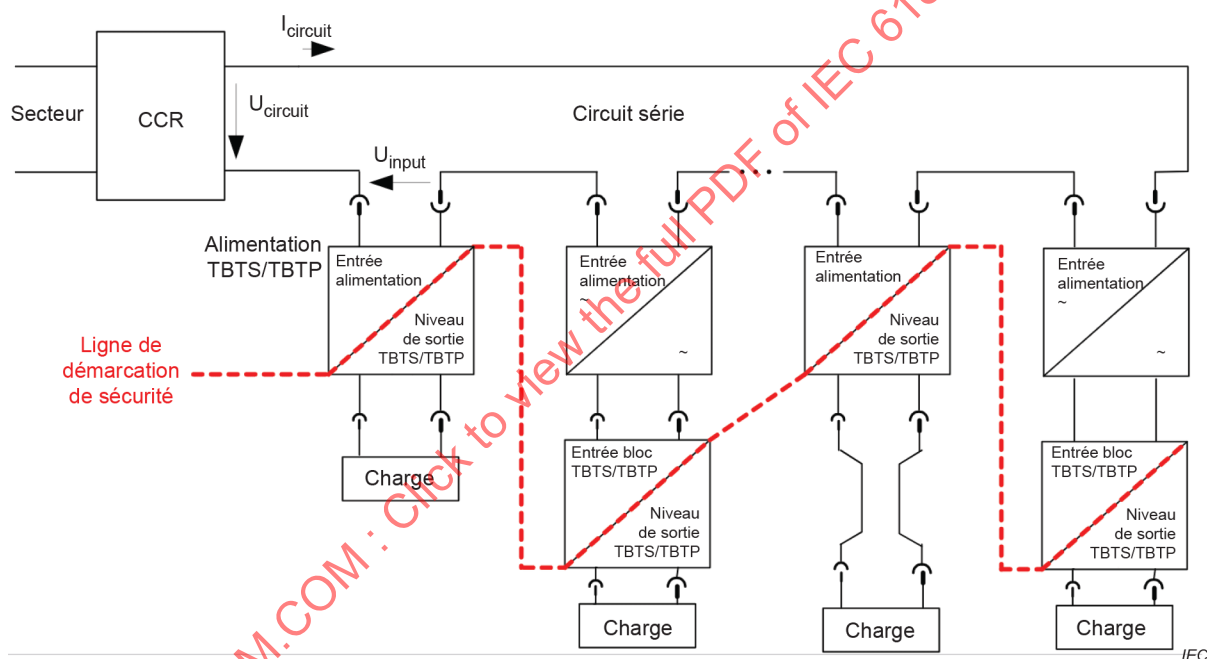
La recommandation consiste à mettre en œuvre une conception TBTP, qui est considérée comme une solution plus pratique au cours de la durée de vie complète de l'installation, mais avec le même niveau de sécurité qu'une conception TBTS. Si cette recommandation ne peut pas être respectée, il doit alors être considéré qu'il est nécessaire de réaliser un effort de maintenance pour obtenir un niveau d'isolation qui convient à la mise en œuvre de la conception TBTS.

À l'Annex A, le Tableau A.1 donne des informations de comparaison des caractéristiques des installations TBTP et TBTS.

NOTE Le présent document ne prend en considération aucune exigence spécifique concernant les surtensions de foudre. La tension TBTS/TBTP n'est plus assurée en cas de foudre qui peut se produire sur ou à proximité d'un des composants du système.

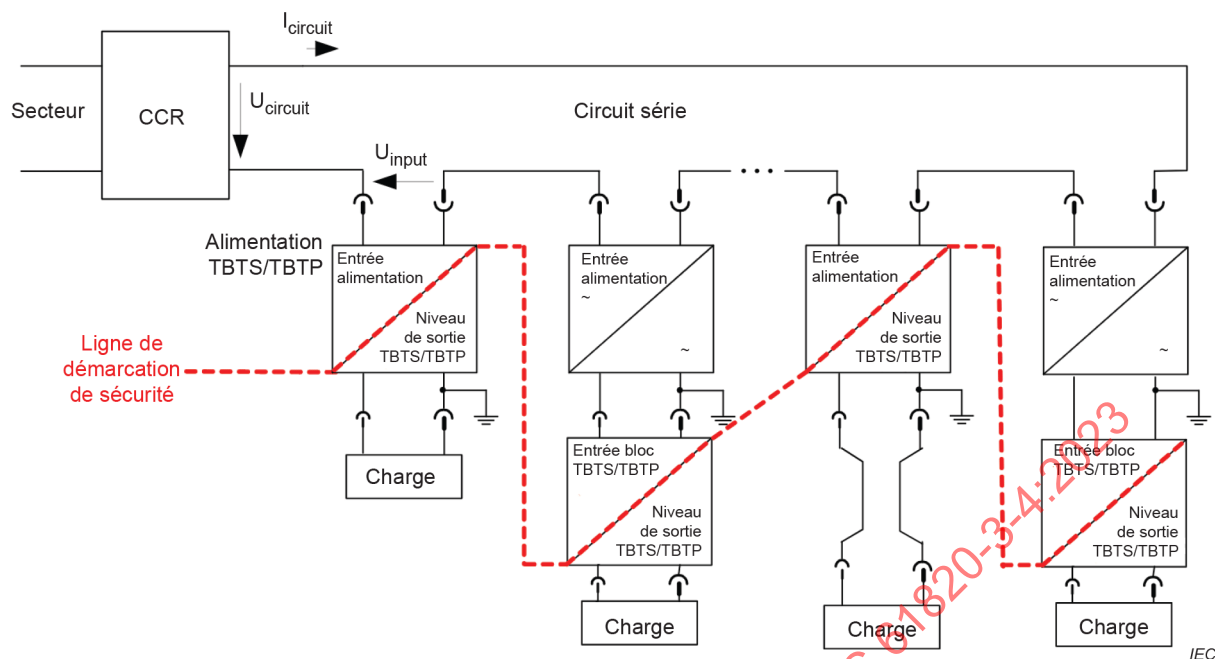
4.2 Ligne de démarcation de sécurité de TBTS/TBTP dans un circuit série AGL

La Figure 1 et la Figure 2 représentent l'étendue du système secondaire de sécurité. Le système secondaire de sécurité (limite définie en 4.7.3) est l'ensemble du circuit situé au-dessous de la ligne de démarcation de sécurité en pointillés rouges.



U_{input} ne doit pas dépasser 1 kV en valeur efficace en courant alternatif.

Figure 1 – Ligne de démarcation de sécurité dans un schéma très basse tension de sécurité (schéma TBTS)



U_{input} ne doit pas dépasser 1 kV en valeur efficace en courant alternatif.

Figure 2 – Ligne de démarcation de sécurité dans un schéma très basse tension de protection (schéma TBTP)

NOTE La mise à la terre donnée à la Figure 2 est un exemple. La mise à la terre peut être réalisée n'importe où dans le circuit secondaire.

Le schéma TBTP peut être utilisé lorsque des réglementations locales exigent de prévoir une terre (liaison d'un conducteur actif).

Il est fortement recommandé de ne pas mélanger les schémas TBTS et TBTP sur un seul circuit.

4.3 Conditions d'environnement

Les feux doivent être conçus pour un fonctionnement extérieur continu sans aucun facteur de déclassement, dans les classes de conditions d'environnement suivantes conformément au Tableau 1 de l'IEC 61820-1:2019:

- classe E10: installation extérieure au niveau ou au-dessus de la surface;
- classe E11: installation extérieure au-dessous de la surface.

4.4 Degré de protection procuré par les enveloppes

Le degré de protection contre un contact avec des parties conductrices ou la pénétration d'objets solides et de liquides doit être indiqué par le code IP conformément à l'IEC 60529.

Lorsque l'alimentation est destinée à être installée à l'extérieur, la classe suivante d'exigences des composants, conformément au Tableau 2 de l'IEC 61820-1:2019, doit s'appliquer:

- classe E11: installation extérieure au-dessous de la surface.

4.5 Compatibilité électromagnétique (CEM)

4.5.1 Limites d'émission électromagnétique

L'alimentation TBTS/TBTP (par exemple: transformateur de sécurité plus limiteur) doit être conforme aux exigences données dans la norme générique de CEM IEC 61000-6-4. Les limites d'émission électromagnétique doivent être conformes à la classe B de la CISPR 11:2015.

4.5.2 Limites d'immunité

L'alimentation TBTS/TBTP (par exemple: transformateur de sécurité plus limiteur) doit être conforme aux exigences données dans la norme générique pour les environnements industriels IEC 61000-6-2. Les limites d'immunité et les méthodes de mesure de la CISPR 32 doivent être respectées.

4.6 Marquage

4.6.1 Marquage de l'alimentation TBTS/TBTP (bloc unique: transformateur de sécurité combiné avec un limiteur)

Chaque alimentation TBTS/TBTP doit porter un marquage permanent. Le marquage doit contenir les informations suivantes:

- désignation sans ambiguïté du type fournie par le fabricant;
- nom du fabricant de l'assemblage;
- courant d'entrée nominal;
- courant de sortie nominal;
- puissance de sortie maximale (W et VA);
- marquage de l'assemblage comme étant de classe III (TBTS) avec le symbole IEC 60417-5180:2003-02 (chiffre romain III à l'intérieur d'un losange);
- numéro de la norme IEC 61820-3-4 et sa date de publication.

Le marquage TBTS/TBTP doit être à la disposition du personnel de maintenance et facilement lisible dans la position d'installation normale (voir 4.7.4).

Dans des schémas TBTS ou TBTP, seuls des matériels marqués comme étant de classe III doivent être utilisés.

4.6.2 Marquage de l'alimentation TBTS/TBTP (blocs multiples: transformateur de sécurité en série avec un limiteur séparé)

Chaque câble de connexion TBTS/TBTP de chaque bloc, qui commence du côté secondaire du transformateur du circuit série, doit porter un marquage permanent. Le marquage doit contenir une information de TBTS/TBTP:

- a) le câble de sortie du transformateur de sécurité et les deux câbles de connexion du limiteur doivent porter une étiquette qui indique que le système est un circuit TBTS/TBTP, mais sans symbole de classe III (TBTS) (pour un exemple, voir Figure B.1);
- b) la même étiquette qu'en a) doit être utilisée pour tous les câbles de connexion entre une alimentation TBTS/TBTP et une charge (pour des exemples, voir Figure B.1 à Figure B.6).

4.6.3 Marquage aux emplacements d'installation

L'emplacement d'un feu alimenté par une alimentation TBTS/TBTP doit être marqué TBTS/TBTP. Le marquage doit être clairement lisible afin de permettre au personnel de maintenance de confirmer la condition de TBTS/TBTP avant d'entreprendre tout travail sur l'installation. Si l'alimentation TBTS/TBTP est remplacée par une alimentation non TBTS/TBTP, le marquage doit être enlevé ou recouvert de manière permanente (pour des exemples, voir Figure B.1 à Figure B.6).

4.7 Protection contre les chocs électriques

4.7.1 Exigences de base

Les parties actives dangereuses ne doivent pas être accessibles, et les parties conductrices accessibles ne doivent être actives et dangereuses

- ni en utilisation normale sans défaut;
- ni dans des conditions de premier défaut.

4.7.2 Mesure de protection à appliquer

Les mécanismes de protection de l'alimentation TBTS/TBTP ne doivent pas être perdus si un premier défaut se produit.

À cette fin, les éléments suivants doivent être prévus:

- une limitation de la tension à la sortie de l'alimentation TBTS/TBTP;
- une séparation de protection de l'alimentation TBTS/TBTP avec tous les circuits autres que TBTS et TBTP;
- une séparation simple de l'alimentation TBTS/TBTP avec une autre alimentation TBTS/TBTP.

Pour une alimentation TBTS, ni une mise à la terre opérationnelle de parties actives ni la connexion intentionnelle de parties à un conducteur de protection ou à un conducteur de terre selon l'IEC 61140 ne doit être réalisée. Lorsque le système secondaire de sécurité est explicitement défini comme une alimentation TBTP, les circuits TBTP et/ou les parties conductrices exposées des matériels alimentés par le circuit TBTP peuvent être mis à la terre.

Dans des emplacements où un écran de protection est utilisé aux fins d'une séparation de protection, l'écran de protection doit être séparé de chaque circuit adjacent par une isolation principale conçue pour la tension la plus élevée présente.

4.7.3 Limite de tension pour le circuit TBTS/TBTP

4.7.3.1 Généralités

La probabilité de choc électrique augmente avec le niveau de tension, l'aire de surface de la partie conductrice accessible ou du circuit en contact avec la peau, et la condition d'humidité de la peau.

La valeur prise en considération dans le présent document procure une protection contre la fibrillation ventriculaire pour une condition de peau sèche et pour une surface de contact qui correspond à un "bout de doigt".

L'aire de contact possible est toujours considérée comme celle d'un "bout de doigt" si la partie conductrice accessible est limitée à 1 cm². Au regard des formes mâle et femelle du connecteur conformément à l'IEC 63067 (connecteur d'aérodrome), il est considéré que le contact possible avec ce connecteur est limité à un "bout de doigt".

En général, les limites de tension définies en 4.7.3.2 et 4.7.3.3 s'appliquent au circuit TBTS/TBTP. Dans le cas d'un circuit ouvert, les tensions de crête spécifiques dues à la saturation du transformateur peuvent dépasser les limites définies en 4.7.3.2 et 4.7.3.3, mais ne doivent pas dépasser la limite définie en 4.7.3.4.

L'influence de l'humidité doit être prise en compte lorsque les circuits se trouvent exposés à des conditions sèches, mouillées ou humides. Les valeurs de tension doivent être réduites en conséquence.

4.7.3.2 Limites de tension en régime établi

Les limites de tension en régime établi du circuit TBTS/TBTP dans des conditions sèches ne doivent pas dépasser les valeurs suivantes:

- tension alternative (en valeur efficace): 50 V en valeur efficace en courant alternatif pour des tensions alternatives dans la plage comprise entre 15 Hz et 1 kHz;
- tension alternative (valeur de crête): 71 V.

Une tension est considérée comme étant en régime établi si sa durée est supérieure à 10 s.

Dans des conditions mouillées (système recouvert ou trempé d'eau), les valeurs de tension doivent être divisées par 2.

4.7.3.3 Limite de tension non récurrente à court terme

Dans le cas d'un défaut ou de transitoires, la limite en régime établi définie en 4.7.3.2 peut être dépassée temporairement.

La Figure 3 donne des informations sur la limite de tension de contact alternative non récurrente à court terme (courbe pour le "doigt" à prendre en considération).

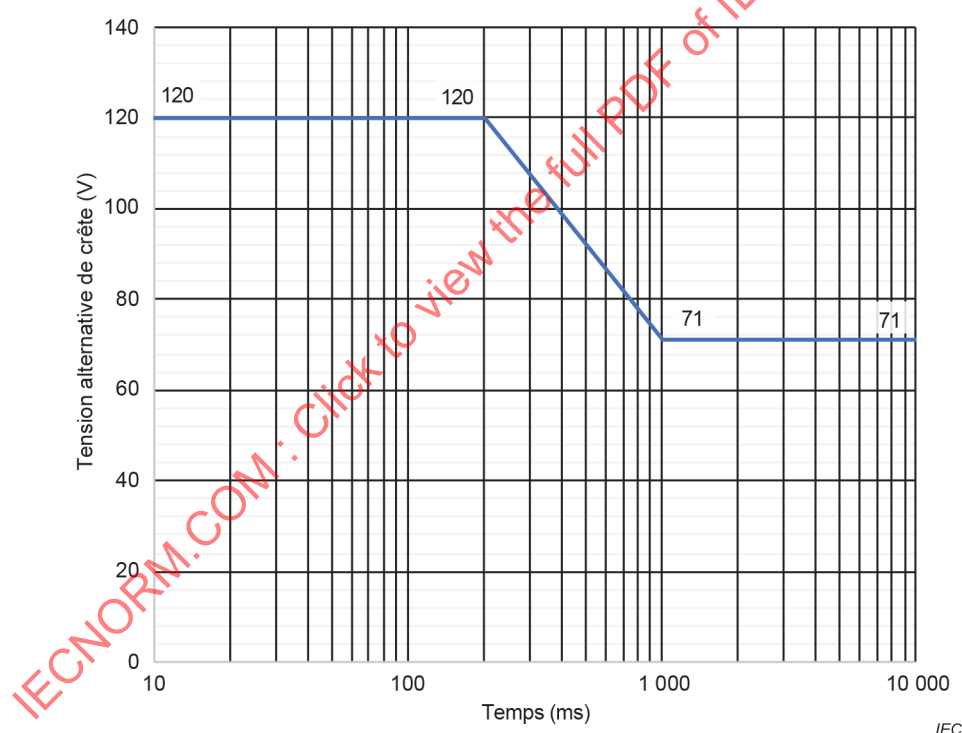


Figure 3 – Limite de tension de contact alternative non récurrente à court terme

4.7.3.4 Limite de tension de crête spécifique due à un circuit ouvert (sans charge)

Dans le cas d'un circuit ouvert (sans charge), la tension du côté secondaire du transformateur de sécurité présente une forme spécifique. Des exemples de ces tensions peuvent être consultés à l'Article B.3.

La Figure 4 donne des valeurs admissibles pour une tension de crête non sinusoïdale de 50 Hz, pour la hauteur de crête par rapport à la longueur de crête (pour plus d'informations, voir l'Annex C).

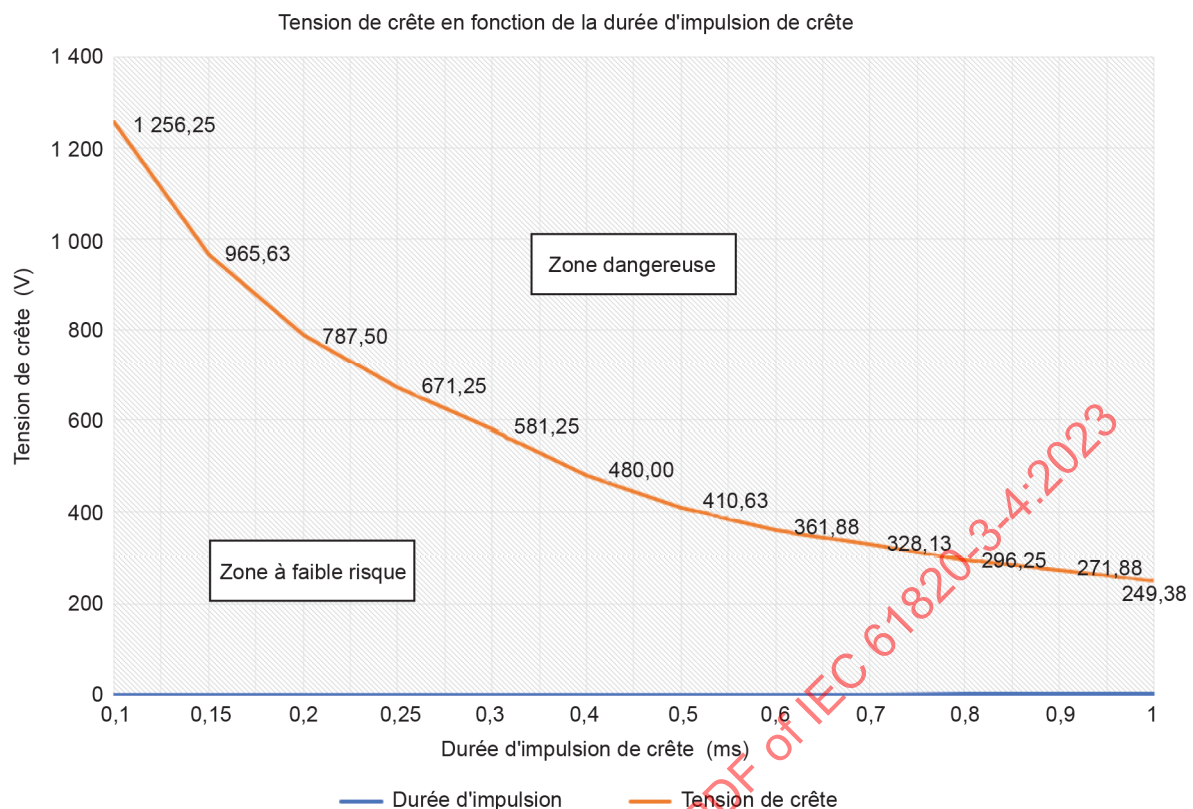


Figure 4 – Limite de tension de contact de crête récurrente à court terme

4.7.4 Séparation de protection du circuit série primaire

Le bloc d'alimentation des feux avec l'alimentation TBTS/TBTP doit fournir une séparation électrique sûre avec le côté primaire du circuit série.

La tension d'entrée d'une alimentation TBTS/TBTP unique est définie comme la tension entre les deux pôles de cette alimentation TBTS/TBTP et ne doit pas dépasser 1 000 V en valeur efficace en courant alternatif.

NOTE La tension d'un circuit série est limitée à 1 kV, étant donné que, dans une situation de défaut (un transformateur de sécurité qui fonctionne en circuit ouvert), cette tension est égale à la tension d'entrée de ce transformateur (jusqu'à ce qu'il soit saturé).

Une séparation de protection entre l'entrée et la sortie de l'alimentation doit être obtenue conformément à l'IEC 61140 au moyen

- d'une isolation principale et d'une isolation supplémentaire, chacune assignée pour la tension la plus élevée présente, c'est-à-dire une double isolation; ou
- d'une isolation renforcée assignée pour la tension la plus élevée présente; ou
- d'un écran de protection, celui-ci étant séparé de chaque circuit adjacent par une isolation principale assignée pour la tension du circuit adjacent; ou
- d'une combinaison de ces dispositions.

Si les conducteurs du circuit séparé sont contenus avec les conducteurs d'autres circuits dans un câble multiconducteur ou dans un autre groupement de conducteurs, ils doivent être isolés, individuellement ou collectivement, pour la tension la plus élevée présente, de manière à obtenir une double isolation.

Si un composant est connecté entre les circuits séparés, ce composant doit être conforme aux exigences applicables aux dispositifs à impédance de protection conformément à l'IEC 61140.

4.7.5 Assemblages en alimentation TBTS/TBTP

Si des assemblages en alimentation TBTS/TBTP sont connectés à l'alimentation électrique au moyen d'une interface externe, ils doivent être conçus comme des matériels de classe III conformément à l'IEC 61140.

S'il existe une configuration d'alimentation TBTS/TBTP avec un transformateur de sécurité et un limiteur séparés, alors cette configuration doit également être conçue comme un matériel de classe III conformément à l'IEC 61140.

Lorsqu'une alimentation TBTS est choisie, il ne doit y avoir aucun dispositif de connexion de parties actives à la terre.

L'enveloppe d'un assemblage peut être fournie avec une borne de mise à la terre s'il est nécessaire de prévoir une terre pour des raisons autres que la protection du personnel.

Une connexion à la terre peut être nécessaire pour intégrer une enveloppe dans un système de protection contre la foudre.

4.8 Interfaces

4.8.1 Bloc d'alimentation

L'alimentation électrique des feux est fournie par le circuit série. Tous les sous-systèmes équipés d'une connexion électrique directe au circuit série primaire doivent être conformes à l'IEC 61823 (transformateurs série pour le balisage aéronautique au sol (AGL)).

Si l'alimentation électrique d'un circuit série, ou une autre alimentation en courant, est destinée à avoir une tension nominale inférieure à 1 000 V en courant alternatif, la rigidité diélectrique peut être déterminée conformément à l'IEC 61558-2-4.

4.8.2 Connecteurs

Le côté sous tension du circuit doit comporter le socle de prise de courant.

Les prises de courant des schémas TBTS et TBTP doivent être conformes à l'IEC 60364-4-41 avec les exigences suivantes:

- les fiches ne doivent pas pouvoir entrer dans les socles de prise de courant d'autres systèmes de tension non AGL;
- les socles de prise de courant ne doivent pas admettre de fiches d'autres systèmes de tension non AGL.

5 Méthode utile pour une configuration de circuit série TBTS/TBTP

5.1 Généralités

En fonction de la méthode choisie entre celle du 5.2 et celle du 5.3, une analyse des phénomènes dangereux/risques doit être élaborée. Il est nécessaire de montrer toutes les défaillances possibles de chaque assemblage du système avec leurs effets. Toutes les configurations de défaillance réalistes doivent être évaluées quant à leur impact sur le personnel. À partir de là, des instructions de service doivent être proposées.

L'analyse doit contenir une description de la fonction de base et une preuve de fonctionnalité pour une alimentation TBTS, en combinaison avec un limiteur ou sans limiteur, en fonction de la méthode choisie.

5.2 Méthode: approche systémique

Dans l'approche systémique, les paramètres de circuit série et les transformateurs de sécurité utilisés doivent être choisis selon un calcul de circuit à réaliser de telle manière que la tension de sortie maximale des transformateurs de sécurité à l'état chargé et à l'état non chargé exigée dans la norme ne dépasse pas la valeur efficace maximale de la tension définie en 4.7.3 et qu'une séparation sûre entre les circuits primaire et secondaire soit assurée.

5.3 Méthode: approche systémique étendue (avec limiteur)

Si l'approche systémique ne permet pas un choix satisfaisant, l'approche doit être choisie par un bloc/dispositif supplémentaire avec une fonction de limiteur.

Dans cette approche, les transformateurs de sécurité du circuit série, qui assurent une séparation sûre avec le circuit série, doivent être combinés à des matériels en aval qui possèdent une limitation de tension intégrée. Cette fonction de limitation de tension doit être au moins redondante. Ces fonctions de limitation doivent être individuellement vérifiables. Il convient qu'une défaillance soit affichée.

Le "limiteur" de tension de sortie doit fournir l'alimentation conforme TBTS avec la tension maximale définie en 4.7.3 pour l'alimentation d'une charge/d'un feu.

NOTE Le limiteur est destiné à être utilisé seulement en combinaison avec un transformateur de sécurité avec les mesures de protection décrites en 4.7.2.

5.4 Vérification de la méthode choisie

Une configuration d'essai fonctionnel doit être établie, qui recrée de manière réaliste la méthode choisie pour le transformateur de sécurité seul ou en combinaison avec un limiteur, et qui donne la possibilité de vérifier la limite de la tension définie en 4.7.3 dans des conditions de fonctionnement réalistes.

Dans une configuration d'essai proche du fonctionnement, il est nécessaire de déterminer à quelle tension du circuit série le transformateur de sécurité choisi ne dépasse pas la tension définie en 4.7.3.

6 Essais

6.1 Généralités

Lors du choix de la technique de mesure utilisée pour mesurer la valeur efficace de la tension des transformateurs/limiteurs non chargés, s'assurer que de nombreux instruments de mesure reflètent la valeur efficace résultante de la courbe de tension trop faible due à la coupure de phase du régulateur du courant constant qui constitue l'alimentation. L'essai doit être réalisé dans la totalité de la plage de courants qui est utilisée en fonctionnement.

Lors du choix de l'instrument de mesure, s'assurer que les paramètres suivants sont observés au minimum:

- plage de mesure de tension de 1 000 V en courant alternatif;
- la plage de mesure de tension doit pouvoir être choisie manuellement, faute de quoi des crêtes de tension peuvent être effacées;
- plage de fréquences de 100 kHz;
- facteur de crête > 20.

NOTE Un facteur de crête plus faible conduit à un effacement de signal vers le haut, puisque les valeurs de crête de la tension peuvent atteindre plusieurs centaines de volts.

Pour plus d'informations, voir l'Annex B.

Les tensions de crête doivent également être mesurées avec des outils de mesure appropriés (oscilloscope, sondes, etc.).

6.2 Essai de conception du système

6.2.1 Généralités

Les essais doivent assurer que tous les composants d'alimentation TBTS/TBTP sont conformes aux normes IEC applicables référencées du 4.1 au 4.8.

6.2.2 Essai pour la méthode "approche systémique"

Lorsqu'une méthode utile pour une configuration de circuit série TBTS/TBTP a été établie, un essai doit être réalisé pour définir la tension maximale admise du circuit série à laquelle la tension du transformateur de sécurité choisi, qui fonctionne en circuit ouvert, atteint juste la tension TBTS maximale admise définie en 4.7.3.

La caractéristique de tension (valeur efficace, crête, etc.) peut dépendre des caractéristiques du transformateur (inductance de fuite, comportements de saturation, inductance magnétisante). Les essais doivent être réalisés avec des transformateurs qui présentent des valeurs extrêmes pour la caractéristique dans la plage assurée par le fabricant du transformateur. La plage assurée doit inclure la variation possible due à la température.

NOTE La caractéristique de tension est essentiellement fonction de la conception du circuit (hauteur de la tension, ampleur de l'augmentation du courant (contrôle de l'angle de phase), capacité de la charge, etc.) et non majoritairement fonction des caractéristiques du transformateur.

Si cela n'est pas possible, un calcul ou une simulation doit démontrer comment la variation des caractéristiques du transformateur affecte la mesure. La valeur limite prise pour le mesurage doit être celle définie en 4.7.3, réduite avec le facteur approprié. Si cette analyse n'est pas possible, les valeurs définies en 4.7.3 et utilisées pour l'"approche systémique" doivent être réduites d'un facteur de 1,1.

L'essai doit être exécuté trois fois:

- à la puissance assignée de la configuration définie;
- à 15 % au-dessus de la puissance assignée; et
- à 15 % au-dessous de la puissance assignée.

Un CCR commandé par thyristor, conforme à l'IEC 61822, doit alimenter un transformateur d'alimentation avec des prises de tension sélectionnables jusqu'à 1 000 V en courant alternatif. Une résistance de puissance ajustable et un transformateur de sécurité du type choisi (le dispositif à l'essai, DUT) connecté au transformateur d'alimentation forment le circuit série. Le DUT doit provenir d'un lot destiné à être installé pour la configuration choisie.

- 1) Ajuster la résistance de puissance à la puissance assignée de la configuration à $I = 6,6 \text{ A}$ ($R = P_{\text{rated}} / I^2$).
- 2) Ajuster la prise de tension du transformateur d'alimentation pour un angle d'écoulement du courant de $110^\circ \pm 5^\circ$ au niveau du CCR tandis que le connecteur secondaire du DUT est court-circuité.
- 3) Connecter un voltmètre adapté au secondaire du DUT, après élimination du court-circuit, et un voltmètre normalisé au transformateur d'alimentation. Surveiller et documenter les mesures des voltmètres pendant l'essai.
- 4) Effectuer l'essai avec tous les réglages de luminosité au niveau du CCR comme cela est défini pour la configuration choisie, trois fois, à la puissance assignée de la configuration, à une puissance supérieure de 15 %, et à une puissance inférieure de 15 %.

- 5) La mesure donnée par le voltmètre du DUT ne doit jamais atteindre ou dépasser les limites de tension définies en 4.7.3 dans aucune des conditions d'essai décrites; sinon, l'essai a échoué, c'est-à-dire que le type de transformateur de sécurité ne convient pas à la configuration choisie.
- 6) Choisir et mettre en place la configuration d'essai avec la mesure la plus élevée observée sur les voltmètres.
- 7) Augmenter la prise de tension du transformateur d'alimentation jusqu'à ce que la mesure donnée par le voltmètre du DUT se rapproche le plus possible, sans les atteindre, des limites de tension définies en 4.7.3.
- 8) Documenter la mesure de la tension du transformateur d'alimentation. Cette tension définit la limite de tension d'alimentation supérieure dans un système qui utilise la configuration choisie. La différence entre cette tension et la tension égale à la plus élevée des tensions observées au cours des trois essais précédents représente la plage de la configuration choisie. Cette plage doit être au moins égale à 10 % de la limite d'alimentation supérieure pour un essai réussi, faute de quoi l'essai complet doit être réalisé, avec trois DUT supplémentaires afin de prendre en compte l'étendue des DUT. Ainsi, dans le scénario le plus défavorable, où la plage est très étroite, tous les transformateurs de sécurité de la configuration sont soumis individuellement à l'essai.

Afin de rendre l'essai de terrain plus pratique, il est possible de définir, à partir de ces essais, une valeur efficace du circuit TBTS pour la tension du transformateur de sécurité qui fonctionne en circuit ouvert, ce qui permet de s'assurer que la tension de chaque circuit TBTS/TBTP reste toujours dans les limites définies en 4.7.3 (réduite si nécessaire au facteur 1,1 du fait de l'incertitude du transformateur, le cas échéant, comme cela est défini au début du 6.2.2). Cette valeur efficace ne doit jamais être supérieure à la valeur efficace définie en 4.7.3.2.

Tous les essais de type applicables pour la rigidité diélectrique doivent être réalisés sur les parties applicables de l'alimentation TBTS/TBTP équipées d'une connexion électrique au circuit série sur un côté conformément à l'IEC 61823.

Les essais applicables aux transformateurs de sécurité conformes à l'IEC 61558-2-6 doivent être réalisés.

La configuration d'essai pour l'approche systémique est représentée à la Figure 5.

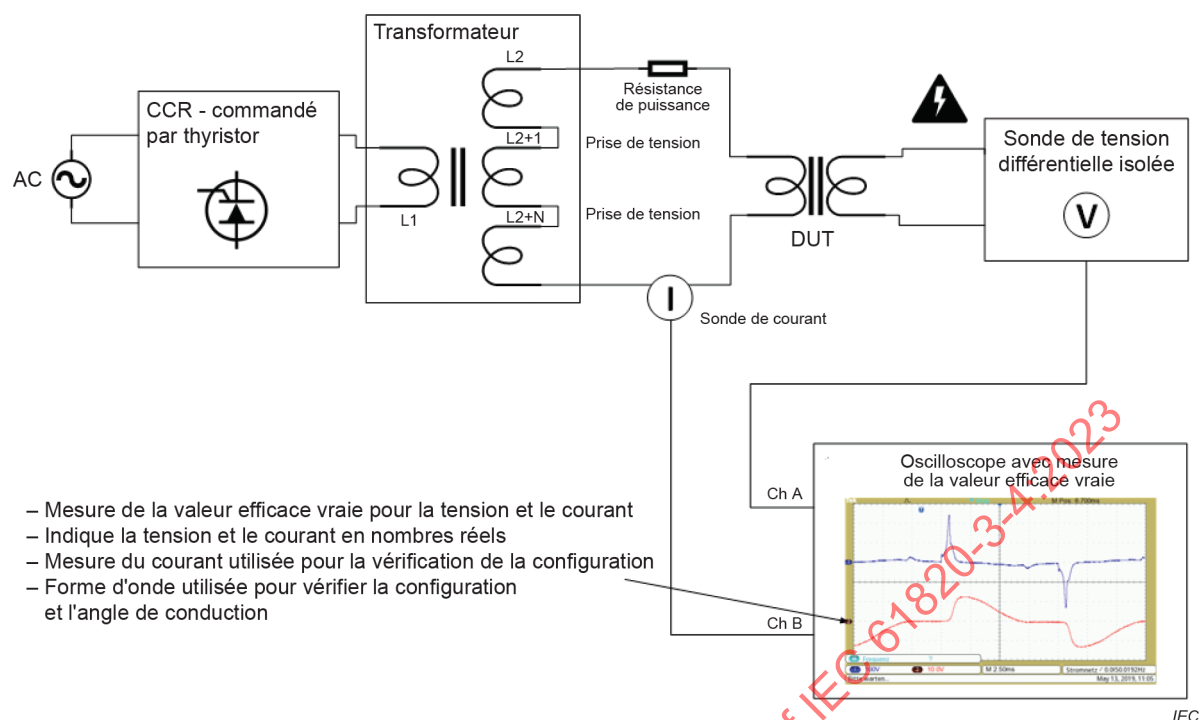


Figure 5 – Configuration d'essai pour des essais de type sans limiteur

6.2.3 Essai pour la méthode "approche systémique étendue" (essai de type du dispositif)

Les essais applicables au limiteur doivent être effectués pour tous les modules de fonction de limiteur redondante.

L'essai doit être réalisé comme suit.

- 1) Régler le CCR au courant d'alimentation maximal avec un déphasage du courant de 90° (en utilisant une résistance de puissance dans le circuit primaire).
- 2) La sortie de l'alimentation électrique à soumettre à l'essai doit être limitée à 1 000 V en courant alternatif.
- 3) Le CCR alimente un transformateur d'alimentation qui est réglé à 1 000 V en courant alternatif.
- 4) Connecter au circuit primaire un transformateur de puissance calculée.
- 5) Connecter une résistance ajustable convenable (tension/puissance) en série aux transformateurs dans le circuit primaire pour ajuster l'angle d'écoulement du courant.
- 6) Connecter un limiteur à ce transformateur et une charge à la sortie du limiteur, composée d'un interrupteur et d'une résistance de puissance ajustable adaptés connectés en série (l'interrupteur est normalement fermé).
- 7) Connecter un voltmètre adapté.
- 8) Régler la résistance de puissance ajustable à 0Ω .
- 9) Mettre le circuit sous tension.
- 10) Augmenter lentement la valeur de la résistance de puissance jusqu'à ce que le limiteur coupe sa sortie.
- 11) Déterminer si la valeur efficace de la tension a toujours été inférieure aux limites définies en 4.7.3.

12) Régler la résistance de puissance à 0 Ω et répéter les étapes 1) à 8).

13) Déconnecter le circuit de charge en ouvrant l'interrupteur (s1) et déterminer s'il existe une tension à l'intérieur des limites définies en 4.7.3.

Il convient de répéter toutes les étapes d'essai pour chacun des pas de luminosité et/ou pour différents angles d'écoulement du courant.

La configuration d'essai pour l'approche systémique étendue (avec limiteur) est représentée à la Figure 6.

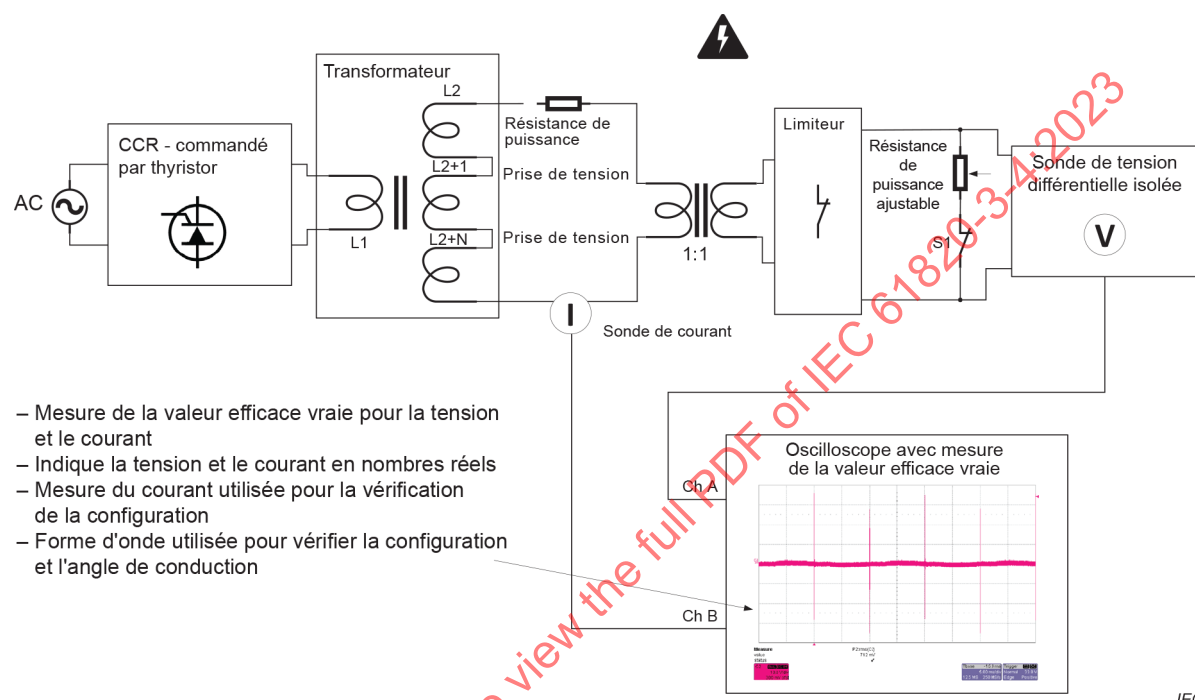


Figure 6 – Configuration d'essai pour des essais de type avec limiteur

Tous les essais ont été réussis si toutes les exigences ont été remplies.

Les essais doivent être documentés, avec tous les résultats clairement présentés sous forme de tableau, y compris une description claire de la condition structurelle des blocs au terme de chaque essai.

Si des composants d'alimentation TBTS/TBTP sont modifiés d'une quelconque manière qui influence la sécurité ou la fonction de base de l'alimentation TBTS/TBTP, l'essai de type doit être répété.

6.3 Essais individuels de série de production

6.3.1 Essai du transformateur

Après la production, le fabricant doit soumettre chaque assemblage à une inspection visuelle, à un essai diélectrique non destructif conformément aux parties applicables de l'IEC 61558-2-6, et à un essai fonctionnel conformément à l'IEC 61823.

6.3.2 Essai du limiteur

Après la production, le fabricant doit soumettre chaque assemblage à une inspection visuelle. L'essai fonctionnel doit contenir les fonctions de base et prévoir la conformité à la tension de sortie maximale admise pour l'alimentation.

Un essai fonctionnel doit être réalisé pour montrer que la tension de sortie du limiteur ne dépasse pas la tension de 50 V en valeur efficace en courant alternatif, y compris des essais de la redondance dans un limiteur.

Pour assurer la validité de l'essai, le limiteur doit être connecté à une source de courant (transformateur connecté à un CCR) qui est capable de fournir une tension de crête de 1 500 V dans le cas d'un circuit ouvert. Un équipement de mesure adéquat, comme cela est décrit à l'Article B.2, doit être utilisé pour vérifier la tension de sortie du limiteur à l'essai.

La redondance du limiteur doit également être soumise à l'essai. Si la tension spécifique au niveau de toutes les parties du circuit de limitation ne peut pas être mesurée (par exemple pour des raisons liées à la conception, comme un boîtier hermétique), le résultat de l'autoessai du limiteur doit être pris en considération.

6.4 Essai de terrain

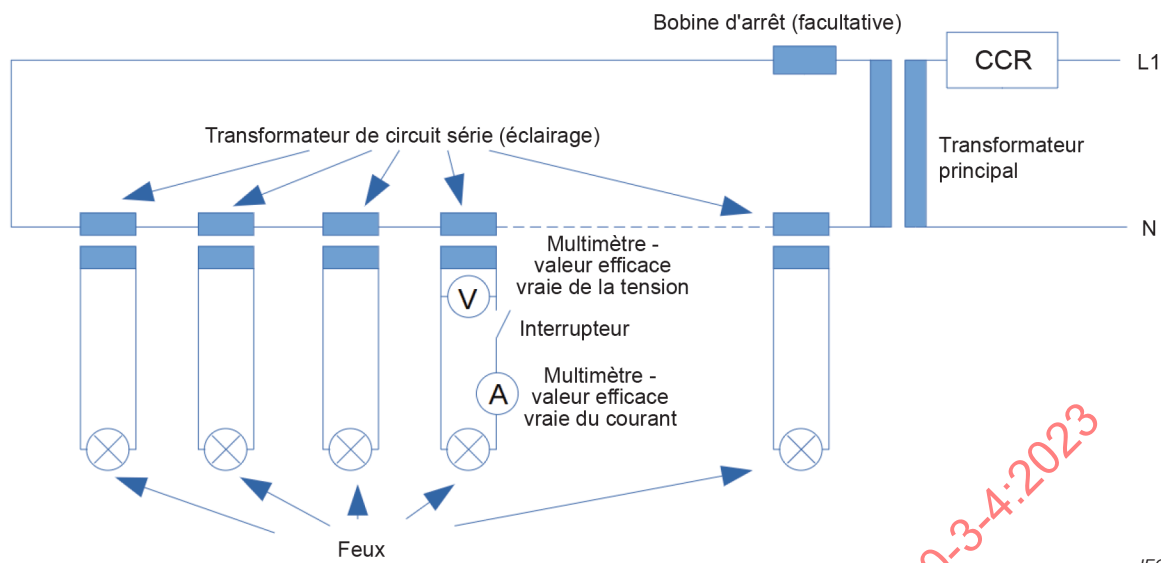
6.4.1 Essai de terrain sans limiteur supplémentaire

Après mise en service du circuit série, l'installateur du système doit réaliser un essai de fonction pour chaque circuit série TBTS/TBTP sur site.

L'essai doit être réalisé comme suit.

- 1) Connecter un voltmètre adapté en sortie d'un transformateur de sécurité.
- 2) Mettre le circuit série sous tension au moyen du CCR au courant nominal.
- 3) Après cette configuration, déconnecter la charge à l'aide de l'interrupteur et mesurer la tension de sortie de l'alimentation de la charge ouverte. La tension doit être inférieure aux limites définies en 4.7.3.
- 4) Effectuer ce mesurage à chacun des pas de courant pertinents.
- 5) Pour un éclairage halogène ou un éclairage LED équipé d'une fonction de surveillance (défaillance en position ouverte qui simule un filament ouvert): Effectuer le mesurage avec tous les éclairages en fonctionnement et avec le nombre maximal d'éclairages défectueux autorisé (par les autorités locales) sur le circuit.
- 6) Si le circuit est équipé d'un module qui permet la commutation d'éclairages individuels (appelé par exemple "système de commande et de surveillance intégrées de l'éclairage" ou ILCMS), des mesurages doivent également être effectués avec les nombres maximal et minimal d'éclairages éteints par le système.

La Figure 7 donne un exemple de configuration d'essai convenable.



IEC

NOTE La bobine d'arrêt facultative peut être une bobine d'arrêt de saturation; elle aide à réduire la tension du transformateur de sécurité sans charge. La bobine d'arrêt peut être placée sur le côté primaire ou secondaire du transformateur principal.

Figure 7 – Configuration d'essai pour des essais de terrain sans limiteur

L'installateur du circuit doit documenter le type et la portée des essais dans les instructions d'essai.

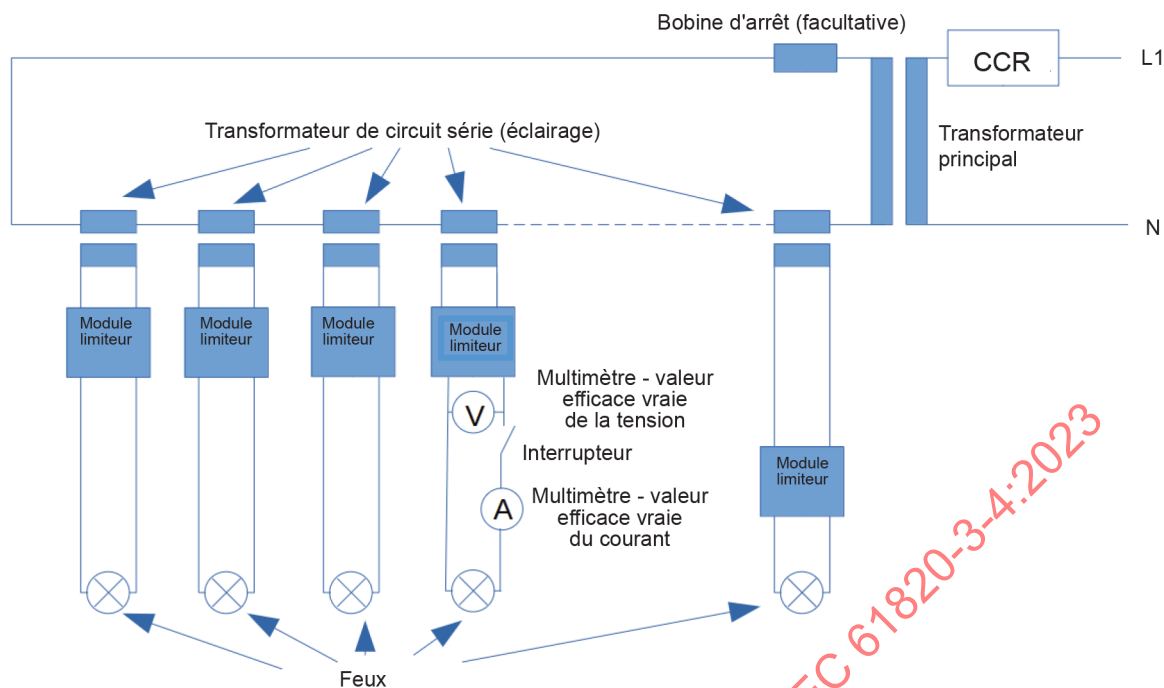
6.4.2 Essai de terrain avec limiteur supplémentaire

Après mise en service du circuit série, l'installateur du système doit réaliser un essai de fonction sur site.

L'essai doit être réalisé comme suit.

- 1) Connecter un voltmètre adapté en sortie d'un limiteur.
- 2) Mettre le circuit série sous tension au moyen du CCR au courant nominal.
- 3) Après cette configuration, déconnecter la charge à l'aide de l'interrupteur et mesurer la tension de sortie du limiteur au niveau de la charge ouverte pour s'assurer que la tension doit être inférieure aux limites définies en 4.7.3.
- 4) Effectuer ce mesurage à chacun des pas de courant pertinents.

La Figure 8 donne un exemple de configuration d'essai convenable.



NOTE La bobine d'arrêt facultative peut être une bobine d'arrêt de saturation; elle aide à réduire la tension du transformateur de sécurité sans charge. La bobine d'arrêt peut être placée sur le côté primaire ou secondaire du transformateur principal.

Figure 8 – Configuration d'essai pour des essais de terrain avec limiteur

L'installateur du circuit doit documenter le type et la portée des essais dans les instructions d'essai.

Annexe A (informative)

Choix de conception du système

Pour choisir la bonne conception de système, il convient que l'aéroport prenne en considération les différentes caractéristiques de l'installation (voir Tableau A.1).

Tableau A.1 – Comparaison des caractéristiques de la TBTP et de la TBTS

	TBTP	TBTS
Niveau de sécurité du travail	Identique à celui d'une TBTS	Identique à celui d'une TBTP
Peut être combiné à toute exigence locale de mise à la terre	Oui	Non La mise à la terre n'est pas admise
Coûts d'installation	Ordinaires	Inférieurs, du fait de l'absence d'exigences de mise à la terre
Disponibilité fonctionnelle	Inférieure: un premier défaut d'isolement peut provoquer le dysfonctionnement de l'éclairage	Supérieure: un premier défaut d'isolement n'a aucune influence sur la fonction
Effort de maintenance	Inférieur: exige la même maintenance qu'avec des systèmes avec mise à la terre des secondaires	Supérieur: le niveau d'isolement doit être soumis à l'essai, et chaque premier défaut doit être réparé

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61820-3-4:2023

Annexe B (informative)

Marquage et informations relatives au risque de phénomène dangereux

B.1 Exemples de marquages

Les Figure B.1 à Figure B.6 donnent des exemples de marquages.

IEC/CE97/3 TBTS/TBTP

Exemple 1: TBTS/TBTP, marquages de terrain dans les aéroports allemands

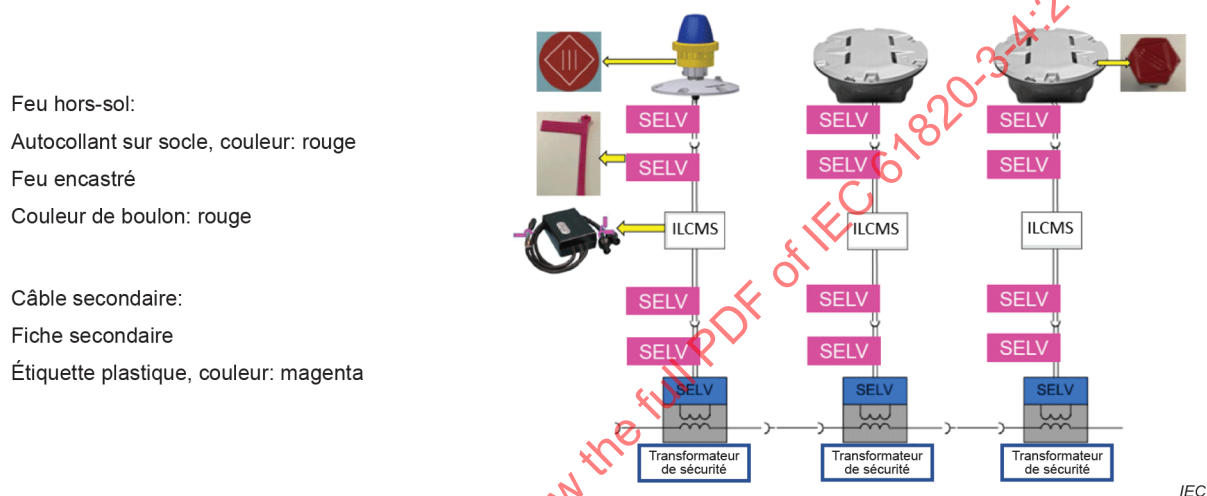


Figure B.1 – Exemple de marquage (feu, boulon, câble)

IEC/CE97/3 TBTS/TBTP

Exemple 2: TBTS/TBTP, marquages de terrain dans les aéroports allemands

Feu hors-sol ou panneau d'aérodrome:
Étiquette métallique sur socle, couleur: jaune

TBTS/TBTP/Feu encastré
Couleur de boulon: jaune

Câble secondaire TBTS/TBTP:
Fiche secondaire
Étiquette plastique, couleur: jaune

Étiquette plastique sur transformateurs élévateurs
Texte: "Suivre les consignes de sécurité TBTS"



Figure B.2 – Exemple d'étiquettes de marquage

IEC/CE97/3 TBTS/TBTP
Exemple 2: TBTS/TBTP, marquages de terrain
dans les aéroports allemands

- Panneau de voie de circulation:
- Étiquette métallique sur socle



IEC

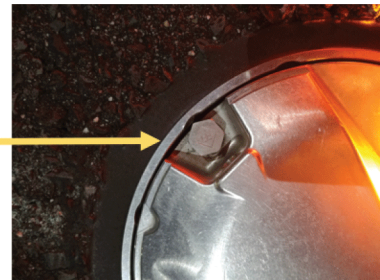
Figure B.3 – Exemple de marquage de terrain (feux hors-sol)

IEC/CE97/3 TBTS/TBTP
Exemple 2: TBTS/TBTP, marquages de terrain
dans les aéroports allemands

Feu encastré
Boulon, marquage
avec symbole III

Câble secondaire:
Fiche secondaire

Étiquette jaune sur circuits protégés TBTS/TBTP



IEC

Figure B.4 – Exemple de marquage de terrain (feux encastrés)