

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

BASIC SAFETY PUBLICATION

PUBLICATION FONDAMENTALE DE SÉCURITÉ

Protection against electric shock – Common aspects for installations and equipment

Protection contre les chocs électriques – Aspects communs aux installations et aux matériels



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2016 IEC, Geneva, Switzerland

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

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

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

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

About the IEC

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

About IEC publications

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

IEC Catalogue - webstore.iec.ch/catalogue

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

IEC publications search - www.iec.ch/searchpub

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

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing 20 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in 15 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

65 000 electrotechnical terminology entries in English and French extracted from the Terms and Definitions clause of IEC publications issued since 2002. Some entries have been collected from earlier publications of IEC TC 37, 77, 86 and CISPR.

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

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

A propos de l'IEC

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

A propos des publications IEC

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

Catalogue IEC - webstore.iec.ch/catalogue

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

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

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

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne de termes électroniques et électriques. Il contient 20 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 15 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

65 000 entrées terminologiques électrotechniques, en anglais et en français, extraites des articles Termes et Définitions des publications IEC parues depuis 2002. Plus certaines entrées antérieures extraites des publications des CE 37, 77, 86 et CISPR de l'IEC.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

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

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

BASIC SAFETY PUBLICATION

PUBLICATION FONDAMENTALE DE SÉCURITÉ

Protection against electric shock – Common aspects for installations and equipment

Protection contre les chocs électriques – Aspects communs aux installations et aux matériels

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 13.260; 29.020; 91.140.50

ISBN 978-2-8322-3103-6

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

CONTENTS

FOREWORD	5
1 Scope	7
2 Normative references	7
3 Terms and definitions	8
4 Fundamental rule of protection against electric shock	18
4.1 General	18
4.2 Normal conditions	19
4.3 Single-fault conditions	20
4.3.1 General	20
4.3.2 Protection by independent protective provisions	20
4.3.3 Protection by an enhanced protective provision	20
4.4 Additional protection	20
4.5 Protection against electric burns	21
4.6 Protection against physiological effects without adverse health effect	21
4.6.1 General	21
4.6.2 Muscular reaction	21
4.6.3 Effects of touch current of discharge of electrostatic charges	22
4.6.4 Thermal effects	22
5 Protective provisions (elements of protective measures)	22
5.1 General	22
5.2 Provisions for basic protection	22
5.2.1 General	22
5.2.2 Basic insulation	22
5.2.3 Protective barriers or enclosures	23
5.2.4 Obstacles	23
5.2.5 Placing out of arm's reach	23
5.2.6 Limitation of voltage	24
5.2.7 Limitation of steady-state touch current and energy	24
5.2.8 Potential grading	25
5.2.9 Other provisions for basic protection	25
5.3 Provisions for fault protection	25
5.3.1 General	25
5.3.2 Supplementary insulation	25
5.3.3 Protective-equipotential-bonding	25
5.3.4 Protective screening	27
5.3.5 Indication and disconnection in high-voltage installations and systems	27
5.3.6 Automatic disconnection of supply	27
5.3.7 Simple separation (between circuits)	28
5.3.8 Non-conducting environment	28
5.3.9 Potential grading	28
5.3.10 Other provisions for fault protection	28
5.4 Enhanced protective provisions	28
5.4.1 General	28
5.4.2 Reinforced insulation	29
5.4.3 Protective separation between circuits	29
5.4.4 Limited current source	29

5.4.5	Protective impedance device	29
5.4.6	Other provisions for enhanced protection.....	30
5.5	Provisions for additional protection	30
5.5.1	Additional protection by residual current protective device (RCD) $I_{\Delta n} \leq 30 \text{ mA}$	30
5.5.2	Additional protection by supplementary equipotential bonding	30
6	Protective measures	30
6.1	General.....	30
6.2	Protection by automatic disconnection of supply	31
6.3	Protection by double or reinforced insulation.....	31
6.4	Protection by protective equipotential bonding	31
6.5	Protection by electrical separation	31
6.6	Protection by non-conducting environment (low-voltage).....	31
6.7	Protection by SELV system.....	32
6.8	Protection by PELV system.....	32
6.9	Protection by limitation of steady-state touch current and charge.....	32
6.10	Additional protection	32
6.10.1	Additional protection by residual current protective device (RCD) $I_{\Delta n} \leq 30 \text{ mA}$	32
6.10.2	Additional protection by supplementary protective equipotential bonding	32
6.11	Protection by other measures	33
7	Co-ordination between electrical equipment and protective provisions within an electrical installation	33
7.1	General.....	33
7.2	Class 0 equipment	33
7.3	Class I equipment	34
7.3.1	General	34
7.3.2	Insulation.....	34
7.3.3	Connection to the protective conductor	34
7.3.4	Accessible surfaces of parts of insulating material	34
7.3.5	Connection of a protective conductor	35
7.4	Class II equipment	35
7.4.1	General	35
7.4.2	Insulation.....	35
7.4.3	Protective bonding.....	36
7.4.4	Marking	36
7.5	Class III equipment	36
7.5.1	General	36
7.5.2	Voltages	36
7.5.3	Protective bonding.....	37
7.5.4	Marking	37
7.6	Touch currents, protective conductor currents.....	37
7.6.1	General	37
7.6.2	Touch currents	37
7.6.3	Protective conductor currents	37
7.6.4	Other requirements.....	39
7.6.5	Other effects.....	39
7.7	Safety and boundary clearances and hazard marking for high-voltage installations	39

7.8	Functional earthing	40
8	Special operating and servicing conditions	40
8.1	General.....	40
8.2	Devices to be operated manually and components intended to be replaced manually	40
8.2.1	General	40
8.2.2	Devices to be operated or components intended to be replaced by ordinary persons in low-voltage installations, systems and equipment	40
8.2.3	Devices to be operated or components intended to be replaced by skilled or instructed persons	41
8.3	Electrical values after isolation.....	41
8.4	Devices for isolation.....	42
8.4.1	General	42
8.4.2	Devices for isolation for low voltage.....	42
8.4.3	Devices for isolation for high voltage	43
	Annex A (informative) Survey of protective measures as implemented by protective provisions	45
	Annex B (informative) Index of terms	48
	Annex C (informative) List of notes concerning certain countries	53
	Bibliography.....	54
	Figure A.1 – Protective measures with basic and fault protection	45
	Figure A.2 – Protective measures with limited values of electrical quantities	46
	Figure A.3 – Protective measure: additional protection (in addition to basic and/or fault protection)	47
	Table 1 – Limits for voltage bands	19
	Table 2 – Touch voltage thresholds for reaction	21
	Table 3 – Application of equipment in a low-voltage installation	33
	Table 4 – Maximum protective conductor current for frequencies up to 1 kHz	38
	Table 5 – Maximum protective conductor current for DC	38
	Table 6 – Minimum impulse withstand voltage of devices for isolation related to the nominal voltage	43

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

PROTECTION AGAINST ELECTRIC SHOCK –
COMMON ASPECTS FOR INSTALLATION AND EQUIPMENT

FOREWORD

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

International Standard IEC 61140 has been prepared by IEC technical committee 64: Electrical installations and protection against electric shock.

This fourth edition cancels and replaces the third edition published in 2001 and Amendment 1:2004. This edition constitutes a technical revision.

This edition includes the following significant technical changes with respect to the previous edition:

- a) Introduction of the content of IEC 60449
- b) Better distinction between provisions and measures
- c) Consideration of effects other than ventricular fibrillation
- d) Additional protection was introduced
- e) ELV defined as part of LV
- f) Devices suitable for isolation required for automatic disconnection of supply (LV)

- g) Requirements relating to current in the protective conductor were moved to the main body of the standard

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

FDIS	Report on voting
64/2076/FDIS	64/2091/RVD

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

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

It has the status of a basic safety publication in accordance with IEC Guide 104.

The reader's attention is drawn to the fact that Annex C lists all of the "in-some-country" clauses on differing practices of a less permanent nature relating to the subject of this standard.

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

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

PROTECTION AGAINST ELECTRIC SHOCK – COMMON ASPECTS FOR INSTALLATIONS AND EQUIPMENT

1 Scope

This International Standard is a basic safety publication primarily intended for use by technical committees in the preparation of standards in accordance with the principles laid down in IEC Guide 104 and ISO/IEC Guide 51.

It is not intended to be used as a stand-alone standard.

According to IEC Guide 104, technical committees, when preparing, amending, or revising their publications, are required to make use of any basic safety publication such as IEC 61140.

This International Standard applies to the protection of persons and livestock against electric shock. The intent is to give fundamental principles and requirements which are common to electrical installations, systems and equipment or necessary for their coordination, without limitations with regard to the magnitude of the voltage or current, or the type of current, and for frequencies up to 1 000 Hz.

Some clauses in this standard refer to low-voltage and high-voltage systems, installations and equipment. For the purposes of this standard, low-voltage is any rated voltage up to and including 1 000 V a.c. or 1 500 V d.c.. High voltage is any rated voltage exceeding 1 000 V a.c. or 1 500 V d.c..

It should be noted that, for an efficient design and selection of protective measures, the type of voltage that may occur and its waveform needs to be considered, i.e. a.c. or d.c. voltage, sinusoidal, transient, phase controlled, superimposed d.c., as well as a possible mixture of these forms. The installations or equipment may influence the waveform of the voltage, e.g. by inverters or converters. The currents flowing under normal operating conditions and under fault conditions depend on the described voltage.

2 Normative references

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

IEC 60038, *IEC standard voltages*

IEC 60068 (all parts), *Environmental testing*

IEC 60071-1, *Insulation coordination – Part 1: Definitions, principles and rules*

IEC 60071-2, *Insulation coordination – Part 2: Application guide*

IEC 60364-5-54:2011, *Low-voltage electrical installations – Part 5-54: Selection and erection of electrical equipment – Earthing arrangements and protective conductors*

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

IEC 60445, *Basic and safety principles for man-machine interface, marking and identification – Identification of equipment terminals, conductor terminations and conductors*

IEC TS 60479-1:2005, *Effects of current on human beings and livestock – Part 1: General aspects*

IEC TR 60479-5, *Effects of current on human beings and livestock – Part 5: Touch voltage threshold values for physiological effects*

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

IEC 60664 (all parts), *Insulation coordination for equipment within low-voltage systems*

IEC 60664-1:2007, *Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 1: Principles, requirements and tests*

IEC 60721 (all parts), *Classification of environmental conditions*

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

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

IEC 62271-102, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 102: Alternating current disconnectors and earthing switches*

IEC Guide 104, *The preparation of safety publications and the use of basic safety publications and group safety publications*

ISO/IEC Guide 51:2014, *Safety aspects – Guidelines for their inclusion in standards*

3 Terms and definitions

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

NOTE An index of definitions is given in Annex B.

3.1

electric shock

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

Note 1 to entry: Physiological effects include, for example, perception, muscular contractions and tetany, difficulty in breathing, disturbances of heart function, immobilization, cardiac arrest, breathing arrest, burns or other cellular damage.

Note 2 to entry: Physiological effects resulting from EMF are not considered in this standard.

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-01-04, modified – "through a human body or livestock" replaces "passing through a human or animal body"; addition of 2 Notes to entry]

3.1.1

basic protection

protection against electric shock under fault-free conditions

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-06-01]

3.1.2

fault protection

protection against electric shock under single fault conditions

[SOURCE: IEC 60050-195:1998/AMD1:2001, 195-06-02]

3.1.3

additional protection

protection against electric shock in addition to basic protection and/or fault protection

[SOURCE: IEC 60050-826:2004, 826-12-07, modified – “protection against electric shock” replaces “protective measure”]

3.1.4

single fault condition

condition in which one means for protection against electric shock is defective or one fault is present which could cause a hazard

Note 1 to entry: If a single fault condition results in one or more other fault conditions, all are considered as one single fault condition.

3.2

electric circuit

arrangement of devices or media through which electric current can flow

Note 1 to entry: See also IEC 60050-826:2004, 826-14-01 for electrical installations of buildings.

3.3

electrical equipment

item used for such purposes as generation, conversion, transmission, distribution or utilization of electric energy, such as electric machines, transformers, switchgear and controlgear, measuring instruments, protective devices, wiring systems, current-using equipment

[SOURCE: IEC 60050-826:2004, 826-16-01]

3.4

live part

conductive part intended to be energized in normal conditions, including a neutral conductor or mid-point conductor, but by convention not a PEN conductor or PEM conductor or PEL conductor

Note 1 to entry: This concept does not necessarily imply a risk of electric shock.

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-02-19, modified – “...normal conditions, including a neutral conductor or mid-point conductor” replaces “normal operation, including a neutral conductor..”]

3.5

hazardous-live-part

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

Note 1 to entry: In case of high voltage, a hazardous voltage may be present on the surface of solid insulation. In such a case the surface is considered to be a hazardous-live-part.

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-06-05]

3.6

exposed-conductive-part

conductive part of equipment, which can be touched and which is not normally live, but which can become live when basic insulation fails

Note 1 to entry: A conductive part of electrical equipment which can become live only through contact with an exposed-conductive-part which has become live, is not considered to be an exposed-conductive-part itself.

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-06-10]

3.7

extraneous-conductive-part

conductive part not forming part of the electrical installation and liable to introduce an electric potential, generally the electric potential of a local earth

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-06-11]

3.8

touch voltage

3.8.1

(effective) touch voltage

voltage between conductive parts when touched simultaneously by a human or livestock

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

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-05-11, modified – “by a human or livestock” replaces “by a person or an animal”]

3.8.2

prospective touch voltage

voltage between simultaneously accessible conductive parts when those conductive parts are not being touched, by a human or livestock

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-05-09, modified – “by a human or livestock” replaces “by a person or an animal”]

3.9

touch current

electric current passing through a human body or through livestock when it touches one or more accessible parts of an installation or of equipment

[SOURCE: IEC 60050-195:1998/AMD1:2001, 195-05-21, modified – “through livestock” replaces “through an animal body”]

3.10

insulation

set of properties which characterize the ability of an insulation to provide its function

Note 1 to entry: Examples of relevant properties are: resistance, breakdown voltage.

Note 2 to entry: Insulation can be a solid, a liquid or a gas (e.g. air), or any combination.

[SOURCE: IEC 60050-151:2001, 151-15-42, modified – Note 2 to entry added]

3.10.1

basic insulation

insulation of hazardous-live-parts which provides basic protection

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

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-06-06]

3.10.2

supplementary insulation

independent insulation applied in addition to basic insulation, for fault protection

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-06-07]

3.10.3

double insulation

insulation comprising both basic insulation and supplementary insulation

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-06-08]

3.10.4

reinforced insulation

insulation of hazardous-live-parts which provides protection against electric shock equivalent to double insulation

Note 1 to entry: Reinforced insulation may comprise several layers which cannot be tested singly as basic insulation or supplementary insulation.

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-06-09, modified – ..provides “a degree” of ..., deleted]

3.11

non-conducting environment

provision whereby a human or livestock touching an exposed-conductive-part that has become hazardous-live is protected by the high impedance of his environment (e.g. insulating walls and floors) and by the absence of earthed conductive parts

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-06-21, modified – “animal” replaced by “livestock”]

3.12

(electrically) protective obstacle

part preventing unintentional contact by a human or livestock with a live part, but not preventing such contact by deliberate action

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-06-16, modified – “direct contact” replaced by “contact” and “by a human or livestock with a live part”.. introduced]

3.13

(electrically) protective barrier

part providing protection against contact by a human or livestock with a live part from any usual direction of access

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-06-15, modified – “direct contact” replaced by “contact” and “by a human or livestock with a live part” ... introduced]

3.14

(electrically) protective enclosure

electrical enclosure surrounding internal parts of equipment to prevent access to a live-part from any direction

Note 1 to entry: In addition, an enclosure generally provides protection against internal or external influences, e.g. ingress of dust or water or prevention of mechanical damage.

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-06-14, modified – “hazardous live-parts” replaced by “a live-part” and Note 1 to entry added]

3.15

arm's reach

zone of accessibility to touch extending from any point on a surface where persons usually stand or move about to the limits which a person can reach with the hand, in any direction, without assistance

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-06-12]

3.16

equipotential bonding

provision of electric connections between conductive parts intended to achieve equipotentiality

Note 1 to entry: The effectiveness of the equipotential bonding may depend on the frequency of the current in the bonding.

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-01-10, modified – Note 1 to entry added]

3.16.1

protective-equipotential-bonding

equipotential bonding for the purposes of safety (e.g. protection against electric shock)

Note 1 to entry: Functional equipotential bonding is defined in IEC 60050-195:1998, 195-01-16.

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-01-15, modified – “(e.g. protection against electric shock)” introduced and Note 1 to entry added]

3.16.2

equipotential bonding terminal

terminal provided on equipment or on a device and intended for the electric connection with the equipotential bonding system

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-02-32]

3.16.3

protective bonding terminal

terminal intended for protective-equipotential-bonding purposes

3.16.4

protective conductor

conductor provided for purposes of safety, for example protection against electric shock

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-02-09]

3.16.5

PE conductor

protective conductor provided for protective earthing

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-02-11, modified – term title changed]

3.16.6

PEN conductor

conductor combining the functions of both a protective earthing conductor and a neutral conductor

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-02-12]

3.16.7

PEM conductor

conductor combining the functions of both a protective earthing conductor and a mid-point conductor

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-02-13]

3.16.8

PEL conductor

conductor combining the functions of both a protective earthing conductor and a line conductor

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-02-14]

3.16.9

protective bonding conductor

protective conductor provided for protective-equipotential-bonding

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-02-10]

3.16.10

line conductor

DEPRECATED: phase conductor (in AC systems)

DEPRECATED: pole conductor (in DC systems)

conductor which is energized in normal operation and capable of contributing to the transmission or distribution of electric energy but which is not a neutral or mid-point conductor

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-02-08]

3.16.11

neutral conductor

conductor electrically connected to the neutral point and capable of contributing to the distribution of electric energy

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-02-06]

3.17

earth

concept embracing the planet and all its physical matter

3.17.1

earth (verb)

ground (verb) (US)

to make an electrical connection between local earth and a given point in a system, installation or equipment

Note 1 to entry: The connection to local earth may be:

- intentional; or
- unintentional; or
- accidental

and may be permanent or temporary.

3.17.2

reference earth

reference ground (US)

part of the Earth considered as conductive, the electric potential of which is conventionally taken as zero, being outside the zone of influence of any earthing arrangement

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-01-01, modified – Note deleted]

3.17.3

(local) earth

(local) ground (US)

part of the Earth which is in electric contact with an earth electrode and the electric potential of which is not necessarily equal to zero

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-01-03]

3.17.4

earth electrode

ground electrode (US)

conductive part, which may be embedded in a specific conductive medium, e.g. concrete or coke, in electric contact with the Earth

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-02-01]

3.17.5

earthing conductor

grounding conductor (US)

conductor which provides a conductive path, or part of the conductive path, between a given point in a system or in an installation or in equipment and an earth electrode

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-02-03]

3.17.6

earthing arrangement

grounding arrangement (US)

all the electric connections and devices involved in the earthing of a system, an installation and equipment

Note 1 to entry: This could be a locally limited arrangement of interconnected earth electrodes on the high-voltage side.

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-02-20, modified – Note 1 to entry added]

3.17.7

protective earthing

protective grounding (US)

earthing a point or points in a system or in an installation or in equipment for purposes of electrical safety

[SOURCE: IEC 60050-195:1998/AMD1:2001, 195-01-11]

3.17.8

functional earthing

functional grounding (US)

earthing a point or points in a system or in an installation or in equipment for purposes other than electrical safety

[SOURCE: IEC 60050-195:1998/AMD1:2001, 195-01-13]

3.18

automatic disconnection of supply

interruption of one or more of the line conductors effected by the automatic operation of a protective device in the event of a fault

Note 1 to entry: This does not necessarily mean an interruption in all conductors of the supply system.

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-04-10, modified – “in the event of a fault” replaces “in case of a fault” and Note 1 to entry added]

3.19

enhanced protective provision

protective provision having a reliability of protection not less than that provided by two independent protective provisions

3.20

(conductive) screen

(conductive) shield (US)

conductive part that encloses or separates electric circuits and/or conductors

[SOURCE: IEC 60050-195:1998/AMD1:2001, 195-02-38]

3.21

(electrically) protective screen

(electrically) protective shield (US)

conductive screen (shield) used to separate an electric circuit and/or conductors from hazardous-live-parts

[SOURCE: IEC 60050-195:1998/AMD1:2001, 195-06-17]

3.22

(electrically) protective screening

(electrically) protective shielding (US)

separation of electric circuits or conductors from hazardous-live-parts by an electrically protective screen connected to the protective-equipotential-bonding system and intended to provide protection against electric shock

[SOURCE: IEC 60050-195:1998/AMD1:2001, 195-06-18]

3.23

simple separation

separation between electric circuits or between an electric circuit and local earth by means of basic insulation

[SOURCE: IEC 60050-826:2004, 826-12-28]

3.24

(electrically) protective separation

separation of one electric circuit from another by means of:

- double insulation; or
- basic insulation and electrically protective screening (shielding); or
- reinforced insulation

[SOURCE: IEC 60050-195:1998/AMD1:2001, 195-06-19]

3.25

(electrical) separation

protective measure in which hazardous-live-parts are insulated from all other electric circuits and parts, from local earth and from touch

[SOURCE: IEC 60050-826:2004, 826-12-27]

3.26

extra-low voltage

ELV

voltage not exceeding the maximum value of the prospective touch voltage which is permitted to be maintained indefinitely under specified conditions of external influences

3.26.1

SELV 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: SELV is the abbreviation for safety extra-low voltage.

[SOURCE: IEC 60050-826:2004, 826-12-31]

3.26.2

PELV system

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

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

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

[SOURCE: IEC 60050-826:2004, 826-12-32]

3.27

protection by limitation of steady-state touch current and electric charge

protection against electric shock by electric circuit or equipment design so that under normal and fault conditions the steady-state current and electric charge are limited to below a hazardous level

[SOURCE: IEC 60050-826:2004, 826-12-34, modified – "steady-state current" replaced by "steady-state touch current"]

3.28

limited-current-source

device supplying electrical energy in an electric circuit

- with protective-separation from hazardous-live-parts, and
- which ensures that the steady-state touch current and charge are limited to non-hazardous levels, under normal and fault conditions

3.29

protective impedance device

component or assembly of components whose impedance and construction limit steady-state-touch current and electric charge to non-hazardous levels

[SOURCE: IEC 60050-826:2004, 826-12-35, modified – "are intended to" limit ... deleted]

3.30

(electrically) skilled person

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

[SOURCE: IEC 60050-195:1998/AMD1:2001, 195-04-01]

3.31

(electrically) instructed person

person adequately advised or supervised by electrically skilled persons to enable him or her to perceive risks and to avoid hazards which electricity can create

[SOURCE: IEC 60050-195:1998/AMD1:2001, 195-04-02]

3.32

ordinary person

person who is neither a skilled person nor an instructed person

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-04-03]

3.33

step voltage

voltage between two points on the Earth's surface that are 1 m distant from each other

Note 1 to entry: 1 m is considered to be the stride length of a person.

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-05-12, modified – “, which is considered to be the stride length of a person” ...deleted and Note 1 to entry added]

3.34

potential grading

control of the earth potential, especially the earth surface potential, by means of earth electrodes

3.35

danger zone

in the case of high voltage, area limited by the minimum clearance around hazardous-live-parts without complete protection

Note 1 to entry: Entering the danger zone is considered the same as touching hazardous-live-parts.

3.36

leakage current

electric current in an unintended conductive path under normal conditions

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-05-15, modified – "unintended" replaces "unwanted"]

3.37

stationary equipment

fixed equipment or electric equipment not provided with a carrying handle and having such a mass that it cannot easily be moved

Note 1 to entry: The value of this mass is minimum 18 kg in IEC standards relating to household appliances.

[SOURCE: IEC 60050-826:2004, 826-16-06, modified – "minimum" added to Note 1 to entry]

3.38

protective conductor current

electric current appearing in a protective conductor, such as leakage current or electric current resulting from an insulation fault

[SOURCE: IEC 60050-826:2004, 826-11-21]

3.39

system

set of interrelated elements considered in a defined context as a whole and separated from their environment

[SOURCE: IEC 60050-351:2013, 351-42-08, modified – Notes deleted]

3.40

(electrical) installation

assembly of associated electric equipment having coordinated characteristics to fulfil specific purposes

[SOURCE: IEC 60050-826:2004, 826-10-01]

3.41

isolation

function intended to disconnect and maintain for reasons of safety adequate clearance from every source of electric energy

3.42

impulse withstand voltage

peak value of impulse voltage of prescribed form and polarity which does not cause breakdown of insulation under specified conditions

3.43

electric burn

burning of the skin or an organ caused by an electric current along its surface or through it

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-03-01]

3.44

protective provision

independent provision intended to protect against electric shock under specified conditions

Note 1 to entry: The provision may be a means or technique or device or process.

3.45

protective measure

appropriate combination of protective provisions for protection against electric shock

4 Fundamental rule of protection against electric shock

4.1 General

Electric shock is defined as the physiological effect resulting from an electric current passing through a human body or livestock. The physiological effect might be harmful (such as ventricular fibrillation, burns, asphyxiation), see 4.2 to 4.5, or non-harmful (such as muscular reaction, perception), see 4.6.

Hazardous-live-parts shall not be accessible and accessible-conductive-parts shall not be hazardous live either:

- under normal conditions (operation in intended use, see 3.6 of ISO/IEC Guide 51:2014, and absence of a fault); or
- under single-fault conditions.

NOTE The accessibility rules for ordinary persons can differ from those for skilled or instructed persons and can also vary for different products and locations.

For high-voltage installations, systems and equipment, entering the danger zone is considered the same as touching hazardous-live-part.

Protection under normal conditions (see 4.2) is provided by basic protection. Protection under single-fault conditions (see 4.3) is provided by fault protection. Additional protection is specified as part of a protective measure (see 4.4), where applicable.

Enhanced protective provisions (see 4.3.3) provide protection under both normal and single-fault conditions.

4.2 Normal conditions

To meet the fundamental rule for protection against electric shock under normal conditions, basic protection, as specified in this standard, is necessary.

The requirements for provisions for basic protection are given in 5.2.

In order to provide requirements for installations and for equipment, the following bands are specified:

- High voltage (HV)
where protection against electric shock is ensured by special measures, in particular earthing arrangements.
- Low voltage (LV)
where protection against electric shock is ensured by basic protection and in general also fault protection.
Extra-low-voltage (ELV) is a part of the LV band.
When ELV is applied, fault protection may not be needed, and under certain conditions basic protection is provided by limitation of voltage. These conditions include contact area, moisture, voltage, current, and others defined for particular applications.

Table 1 specifies the different voltage limits for the above mentioned bands.

The values in Table 1 are based on the following conditions:

- a.c. systems:
 - for earthed systems by the r.m.s. values of the voltages between line and earth and between lines;
 - for isolated or not effectively earthed systems, by the r.m.s. value of the voltage between lines.
- d.c. systems:
 - for earthed systems by values of the voltages between line and earth and between lines;
 - for isolated or not effectively earthed systems, by the value of the voltage between lines.

Table 1 – Limits for voltage bands

Voltage band		a.c.	d.c.
HV		> 1 000 V	> 1 500 V
LV		≤ 1 000 V	≤ 1 500 V
	ELV	≤ 50 V	≤ 120 V

The upper limit of ELV of 120 V d.c. has for many years been agreed by convention. However, different environmental and contact situations as described in IEC TS 60479-1 cause different values of touch current, for a given voltage. Also the waveform of the current and the path taken through the body strongly influences the level of danger. Therefore, technical committees are requested to consider very carefully whether an ELV value less than 120 V d.c. might be necessary for their specific standard.

4.3 Single-fault conditions

4.3.1 General

Single faults shall be considered, if they would

- cause an accessible, non-hazardous-live-part to become a hazardous-live-part (e.g. due to failure to limit the steady-state touch current and charge); or
- cause an accessible conductive part which is not live under normal conditions to become a hazardous-live-part (e.g. due to failure of basic insulation to exposed-conductive-parts); or
- cause a hazardous-live-part to become accessible (e.g. by mechanical failure of an enclosure).

To meet the fundamental rule under single-fault conditions, fault protection, and in certain cases additional protection, is necessary. This protection can be achieved by

- a further protective provision, independent of that for basic protection (see 4.3.2), or
- an enhanced protective provision (see 4.3.3) which provides both basic and fault protection,

taking account of all relevant influences.

The requirements for provisions for fault protection are given in 5.3.

4.3.2 Protection by independent protective provisions

Each of the independent protective provisions shall be designed so that a failure is unlikely under conditions specified by the relevant technical committee.

The independent protective provisions shall have no influence on each other such that a failure of one of the protective provisions could impair another.

Simultaneous failure of independent protective provisions is unlikely and need not normally be taken into consideration. Reliance is placed on the unaffected protective provisions remaining effective.

4.3.3 Protection by an enhanced protective provision

The properties of an enhanced protective provision shall be such that the same continued effectiveness of protection as provided by two independent protective provisions is achieved. Requirements for enhanced protective provisions are given in 5.4.

4.4 Additional protection

If the intended use implies an increased inherent risk, e.g. for areas with a low-impedance contact of persons with earth potential, technical committees shall consider the possible need to specify additional protection. Such additional protection may be provided in the installation, in the system or in the equipment.

Requirements for additional protection are given in 5.5.

Single fault conditions resulting in one or multiple subsequent failures shall be considered as a single fault condition.

4.5 Protection against electric burns

Technical committees shall specify measures to protect against electric burns in their standards.

An electric burn can be caused where a current of sufficient density and duration flows through the human body or livestock. Arcs can also cause burns.

The effects can be severe even if only a small part of the body is involved.

NOTE 1 Deep-seated burns and other internal injuries, or surface burns can occur.

NOTE 2 Technical information on electric burns can be found in IEC TS 60479-1 and measurement technique in IEC 60990 for many cases.

4.6 Protection against physiological effects without adverse health effect

4.6.1 General

Technical committees shall consider whether the following effects are to be taken into account in their standards.

Current flowing through a human body without being directly harmful may cause situations which are inconvenient or hazardous (such as results of startle reaction).

This may concern threshold of perception or threshold of pain or heat sensation.

4.6.2 Muscular reaction

Involuntary muscular contractions are likely to occur, when currents through the human body or livestock are flowing in the range of areas AC-2 of the time/current zones, for a.c. 15 Hz to 100 Hz, and in the range of areas DC-2 of the time/current zones, for d.c., according to IEC TS 60479-1.

For alternating current with a frequency not exceeding 100 Hz, or for a direct current with ripple not exceeding 10 %, the touch voltage threshold for reaction shall not exceed the values in Table 2:

Table 2 – Touch voltage thresholds for reaction

Type of reaction	Voltage threshold
Startle reaction	2 V a.c. or 8 V d.c
Muscular reaction	20 V a.c. or 40 V d.c

These values of Table 2 are defined for dry conditions and a contact area of 35 cm².

If other environmental conditions, such as salt water wet, water wet or immersed are considered, these values may be reduced, depending also on the current path through the body.

4.6.3 Effects of touch current of discharge of electrostatic charges

Startle reactions are likely to occur when currents resulting from electrostatic discharge are flowing in the human body or livestock.

4.6.4 Thermal effects

Heat sensation can be experienced, when even small values of current are flowing through the human body or livestock. The effect may be more evident at higher frequencies.

Effects such as rise in blood pressure, immobilization, disturbances of formation and conduction of cardiac impulses (including atrial fibrillation and transient rhythm disturbances) may occur.

5 Protective provisions (elements of protective measures)

5.1 General

Subclauses 5.2 to 5.5 give an overview of the different protective provisions. Protective measures result from a suitable combination of them. The structure of typical protective measures is described in Clause 6.

All protective provisions shall be designed and constructed to be effective during the anticipated lifetime of the installation, of the system or of the equipment when used as intended and properly maintained.

The environment shall be taken into account by use of the classification of external influences as described in the IEC 60721 series and for testing in the IEC 60068 series. Attention is particularly drawn to the ambient temperature, climatic conditions, presence of water, mechanical stresses, capability of persons and area of contact of persons or livestock with earth potential.

Technical committees shall take account of the requirements for insulation coordination. For low-voltage installations, systems and equipment these requirements are found in the IEC 60664 series which also gives dimensioning rules for clearances (in air) and creepage distances as well as dimensioning guidance for solid insulation. For high-voltage installations, systems and equipment, the requirements are found in IEC 60071-1 and IEC 60071-2.

5.2 Provisions for basic protection

5.2.1 General

Basic protection shall consist of one or more provisions that, under normal conditions, prevent contact with hazardous-live-parts.

NOTE Paints, varnishes, lacquers and similar products alone are generally not considered to provide adequate insulation for protection against electric shock in normal service.

Subclauses 5.2.2 to 5.2.9 specify some individual provisions for basic protection.

5.2.2 Basic insulation

5.2.2.1 Where solid basic insulation is used, it shall prevent contact with hazardous-live-parts.

In case of high-voltage installations and equipment, a voltage may be present on the surface of solid insulation and further precautions shall be considered.

5.2.2.2 Where basic insulation is provided by air, access to hazardous-live-parts or entering the danger zone shall be prevented by obstacles, protective barriers or enclosures as specified in 5.2.3 and 5.2.4 or by placing out of arm's reach as specified in 5.2.5.

5.2.3 Protective barriers or enclosures

5.2.3.1 Protective barriers or enclosures shall prevent:

- in the case of low-voltage installations and equipment, access to hazardous-live-parts by providing a degree of protection against electric shock of at least IPXXB or IP2X of IEC 60529 and, for readily accessible horizontal top surfaces of protective barriers or enclosures, at least IPXXD or IP4X
- in the case of high-voltage installations and equipment, entering the danger zone by providing a degree of protection of at least IPXXB or IP2X of IEC 60529, and consideration shall be given to providing a degree of protection of at least IPXXD or IP4X for readily accessible horizontal top surfaces of protective barriers or enclosures

NOTE The IP code applies to the enclosures of electrical equipment of rated voltage not exceeding 72,5 kV.

5.2.3.2 Protective barriers or enclosures shall have sufficient mechanical strength, stability and durability to maintain the specified degree of protection, taking account of all relevant influences from the environment and from inside the enclosure. They shall be firmly secured in place.

5.2.3.3 Where the design or construction allows for the removal of protective barriers, the opening of enclosures or the removal of parts of enclosures, access to hazardous-live-parts or entering the danger zone shall be possible only

- by the use of a key or tool, or
- after isolation of hazardous-live-parts from the supply circuit where the enclosure would no longer provide protection, restoration of the supply shall become possible only after replacement of protective barriers or parts of enclosures or after the closing of doors, or
- where an intermediate barrier still maintains the required degree of protection, such barrier being removable only by the use of a key or tool.

NOTE See also Clause 8.

5.2.4 Obstacles

5.2.4.1 Obstacles are intended to protect skilled or instructed persons but their use is not permitted for the protection of ordinary persons.

5.2.4.2 During the operation of the installation, system or equipment under special operating and servicing conditions (see Clause 8), obstacles shall prevent:

- in the case of low-voltage installations and equipment, unintentional contact with hazardous-live-parts, or
- in the case of high-voltage installations and equipment, unintentional entering the danger zone.

5.2.4.3 Obstacles may be removable without using a key or tool but shall be so secured as to make unintentional removal unlikely.

5.2.4.4 Where a conductive obstacle is separated from hazardous-live-parts by basic insulation only, it is considered to be an exposed-conductive-part, and measures for fault protection (see Clause 6) shall also be applied.

5.2.5 Placing out of arm's reach

5.2.5.1 Where provisions specified in 5.2.2, 5.2.3, 5.2.4, 5.2.6 and 5.2.7 are found to be not applicable, placing out of arm's reach may be appropriate to prevent

- in the case of low-voltage installations and equipment, unintentional simultaneous access to conductive parts between which a hazardous voltage can exist,

- in the case of high-voltage installations and equipment, unintentional entering into the danger zone.

Details shall be specified by technical committees.

For low-voltage installations, parts that are separated by a distance of more than 2,5 m are normally considered not to be simultaneously accessible. Where access is restricted to skilled or instructed persons, reduced distances may be specified.

5.2.5.2 Where a distance is expected to be reduced by objects which a person uses or holds in the hand, such as a tool or a ladder, technical committees shall specify relevant restrictions, or an appropriate distance between conductive parts between which a hazardous voltage can exist.

5.2.6 Limitation of voltage

Basic protection by the provision of limitation of voltage is fulfilled where both of the following conditions are fulfilled:

- a) touch voltage under no circumstances exceeds:
 - 1) 25 V a.c. r.m.s. or 60 V ripple-free d.c., when the equipment is normally used in dry locations only and large-area contact of live parts with the human body is not to be expected;
 - 2) 6 V a.c. r.m.s. or 15 V ripple-free d.c. in all other cases;
- b) the safety level is equivalent to that for SELV or PELV and supplied by one of the following sources:
 - 1) a safety isolating transformer;

NOTE Safety isolating transformers are those that comply with IEC 61558-2-6.
 - 2) a source of current providing a degree of safety equivalent to that of a safety isolating transformer (e.g. motor generator);
 - 3) electrochemical (e. g. battery).

It shall be acknowledged that the precise value of this voltage limit depends on a great number of influencing factors (such as environmental conditions, contact area).

5.2.7 Limitation of steady-state touch current and energy

Limitation of steady-state touch current and energy is a provision whereby touch currents or energy is limited to non-dangerous values.

It shall prevent persons or livestock from being subjected to values of steady-state touch current and energy liable to be above the values given in Clause 5.

- a) For touch current, the following values are proposed:
 - a steady-state current flowing between simultaneously accessible conductive parts not exceeding the threshold of perception, 0,5 mA a.c. or 2 mA d.c. under normal operating conditions;
 - values not exceeding the threshold of pain 3,5 mA a.c. or 10 mA d.c. may be specified under abnormal or fault conditions.
- b) For stored energy available between simultaneously accessible conductive parts, the following values are proposed according to Figure 19 of IEC TS 60479-2:2007:
 - 0,5 mJ corresponding to the threshold of pain; and
 - 5 µJ corresponding to the threshold of perception.

Values for other frequencies, for other waveforms and for a.c. with superimposed d.c. are properly considered when measured with the appropriate IEC 60990 filtered touch current circuit.

NOTE Medical electrical equipment within the scope of the IEC 60601 series can necessitate other levels.

5.2.8 Potential grading

In the case of high-voltage installations and equipment, potential grading shall prevent persons or livestock from hazardous step and touch voltages under normal conditions by providing a potential grading earth electrode.

NOTE Potential grading is typically used for electrical railway systems and substations, where high earth currents occur.

5.2.9 Other provisions for basic protection

Any other provision for basic protection shall comply with the requirements of 4.1 for protection against electric shock.

5.3 Provisions for fault protection

5.3.1 General

Fault protection shall consist of one or more provision(s) independent of and additional to those for basic protection.

Subclauses 5.3.2 to 5.3.9 specify individual provisions for fault protection.

5.3.2 Supplementary insulation

Supplementary insulation is a provision whereby fault protection is provided by an insulation in addition to basic insulation.

Supplementary insulation shall be dimensioned to withstand the same stresses as specified for basic insulation.

5.3.3 Protective-equipotential-bonding

5.3.3.1 General

Protective-equipotential-bonding is a provision whereby items are bonded together to avoid hazardous touch voltages.

The protective-equipotential-bonding system shall consist of one or a suitable combination of two or more of the elements below:

- protective-equipotential-bonding in equipment, see Clause 7;
- earthed or unearthed protective-equipotential-bonding in the installation;
- protective conductor (PE);
- PEN, PEL or PEM conductor;
- protective screen;
- earthed point of the source or artificial neutral point;
- earth electrode (including earth electrodes for potential grading);
- earthing conductor.

The equipotential bonding system of a high-voltage installation or system shall be connected to earth because of the special risks, which may be present, e.g. the danger of high touch and

step voltage and of exposed-conductive-parts becoming live due to electrical discharge. The impedance to earth of the earthing arrangement shall be rated so that no hazardous touch voltage can occur. Exposed-conductive-parts, which can become live under fault conditions, shall be connected to the earthing arrangement.

5.3.3.2 Accessible conductive parts which could acquire a hazardous effective touch voltage in the event of a failure of basic protection, i.e. exposed-conductive-parts and any protective screen, shall be connected to the protective-equipotential-bonding system.

NOTE A conductive part of electrical equipment which can only become live through contact with an exposed-conductive-part which has become live, is not considered to be an exposed-conductive-part itself.

5.3.3.3 The protective-equipotential-bonding system shall be of sufficiently low impedance to avoid hazardous potential difference between conductive parts in case of an insulation failure. Where necessary the protective-equipotential-bonding system shall be used in association with a protective device operated by the fault current (see 5.3.6). The maximum difference in potential and its duration shall be based on IEC TR 60479-5.

This may necessitate consideration of the relative impedance values of the different elements of a protective-equipotential-bonding system.

The difference in potential need not be considered if the impedance of the circuit limits the steady-state touch current in the case of a single fault so that it cannot exceed 3,5 mA a.c., r.m.s. or 10 mA d.c. when measured in accordance with IEC 60990.

In some environments or situations, e.g. medical locations (see limit values in IEC 60601-1), highly conductive locations, wet areas and similar areas, the limit values need to be lower.

5.3.3.4 All parts of the protective-equipotential-bonding system shall be so dimensioned that thermal and dynamic stresses which are likely to occur do not impair the characteristics of the protective-equipotential-bonding system, e.g. as a consequence of a failure or bridging of basic insulation.

5.3.3.5 All parts of the protective-equipotential-bonding system shall be capable of withstanding all internal and external influences (including mechanical, thermal and corrosive) which may be expected.

5.3.3.6 Movable conductive connections, e.g. hinges and slides, shall not be considered to be parts of a protective-equipotential-bonding system unless compliance with the requirements of 5.3.3.3, 5.3.3.4 and 5.3.3.5 is maintained.

5.3.3.7 Where a component of an installation, system or equipment is intended to be removed, the protective-equipotential-bonding for any other part of the installation, system or equipment shall not be interrupted when removing the component unless the electrical supply to the other part is first disconnected.

5.3.3.8 With the exception described in 5.3.3.9, no element of the protective-equipotential-bonding system shall contain any device which might reasonably be expected to break the electrical continuity or introduce significant impedance.

This requirement may be dispensed with by technical committees for the verification of the continuity of protective conductors or for measuring of the current of the protective conductor.

5.3.3.9 Where elements of the protective-equipotential-bonding system can be interrupted by the same coupler or plug-and-socket-outlet device as the relevant supply conductors, the protective-equipotential-bonding system shall not be interrupted before the supply conductors. The protective-equipotential-bonding shall be re-established not later than when the supply conductors are reconnected. These requirements do not apply where interruption and reconnection are possible only with the equipment in de-energized condition.

In high-voltage installations, systems and equipment, the protective-equipotential-bonding system shall not be interrupted before the main contact has reached an isolating distance which can withstand the equipment rated impulse withstand voltage.

5.3.3.10 Conductors of the protective-equipotential-bonding system, whether insulated or bare, shall be readily distinguishable by shape, location, marking or colour, except those conductors which cannot be disconnected without destruction, e.g. in wire-wrap and similar wiring in electronic equipment and tracks on printed wiring boards. If identification by colour is used, it shall be in accordance with IEC 60445.

Conductors used only for functional earthing shall not have insulation coloured green-and-yellow.

5.3.4 Protective screening

Protective screening shall consist of a conductive screen interposed between hazardous-live-parts of an installation, system or equipment and the part being protected. The protective screen

- shall be connected to the protective-equipotential-bonding system of the installation, system or equipment and that interconnection shall comply with the requirements of 5.3.3, and
- shall itself comply with the requirements for elements of protective-equipotential-bonding system, see 5.3.3.3, 5.3.3.4 and 5.3.3.5.

5.3.5 Indication and disconnection in high-voltage installations and systems

A device shall be provided which indicates a fault. Depending on the method of neutral earthing, the fault current shall be disconnected either manually or automatically (see 5.3.6). The permissible value of the touch voltage depending on the fault duration shall be specified by technical committees based on IEC TS 60479-1.

5.3.6 Automatic disconnection of supply

5.3.6.1 General

For automatic disconnection of supply

- a protective-equipotential-bonding system shall be provided, and
- a protective device operated by the fault current shall disconnect the line conductor(s) supplying the equipment, system or installation, in the event of a fault of negligible impedance between a line conductor and an exposed-conductive-part or a protective conductor in the circuit or equipment.

For low-voltage applications, devices for protection against electric shock by automatic disconnection of supply shall be suitable for isolation according to 8.4. For high-voltage see 8.4.3.

5.3.6.2 The protective device shall interrupt the fault current within a time specified by technical committees based on the IEC 60479 series. For low-voltage installations, the time to be specified depends on the prospective touch voltage produced across the protective-equipotential-bonding.

For steady-state fault currents which, with regard to protection against electric shock, need not lead to disconnection, a conventional touch voltage limit U_L may be specified.

5.3.6.3 The protective device may be provided in any suitable upstream part of the installation, system or equipment, preferably at the origin of the circuit to be protected, and shall be selected taking into account the characteristics of the supply and the load, and of the impedance of the fault current loop.

5.3.7 Simple separation (between circuits)

Simple separation between a circuit and other circuits or earth shall be achieved by basic insulation throughout, rated for the highest voltage present.

A component connected between the separated circuits shall withstand the electric stresses specified for the insulation which it bridges and its impedance shall limit the prospective current flow through the component to the steady-state touch current values indicated in 5.2.7.

5.3.8 Non-conducting environment

The environment shall have an impedance to earth of at least

- 50 kΩ if the nominal system voltage does not exceed 500 V a.c. or d.c.;
- 100 kΩ if the nominal system voltage is above 500 V a.c. or d.c. and does not exceed 1 000 V a.c. or 1 500 V d.c.

NOTE 1 Methods for measuring the resistance of insulating floors and walls are included in Annex A to IEC 60364-6: 2006.

NOTE 2 Impedance values for HV are not considered because this protective measure is not used.

5.3.9 Potential grading

Potential grading may be used by installation of additional earth electrodes to reduce the touch voltage and step voltage which appear in the case of a fault.

NOTE Earth electrodes are usually buried at a horizontal distance of 1 m from the equipment or any conductive part, at a depth of 0,5 m below ground level and are connected to the earthing arrangement.

5.3.10 Other provisions for fault protection

Any other provision for fault protection shall comply with the requirements of 4.1 for protection against electric shock.

5.4 Enhanced protective provisions

5.4.1 General

An enhanced protective provision shall provide both basic and fault protection.

Subclauses 5.4.2 to 5.4.6 specify such enhanced provisions.

Arrangements shall be made so that the protection provided by an enhanced protective provision is unlikely to become degraded and so that a single fault is unlikely to occur.

5.4.2 Reinforced insulation

Reinforced insulation shall be designed to be able to withstand electric, thermal, mechanical and environmental stresses with the same reliability of protection as provided by double insulation (basic insulation and supplementary insulation, see 3.10.1 and 3.10.2, respectively).

This requires design and test parameters more severe than those specified for basic insulation (see IEC 60664-1).

NOTE 1 As an example for low-voltage applications, dimensioning of reinforced insulation with regard to impulse voltage is, where the concept of overvoltage categories (see Clause 443 of IEC 60364-4-44:2007) applies, specified to comply with the requirements of the overvoltage category which is one category higher than that specified for basic insulation.

NOTE 2 Reinforced insulation is mainly used in low-voltage installations and equipment but the application is not excluded in high-voltage installations and equipment.

5.4.3 Protective separation between circuits

Protective separation between a circuit and other circuits shall be achieved by means of

- basic insulation and supplementary insulation, each rated for the highest voltage present, i.e. double insulation, or
- reinforced insulation (see 5.4.2) rated for the highest voltage present, or
- protective screening (see 5.3.4) with the protective screen being separated from each adjacent circuit by basic insulation rated for the adjacent circuit voltage (see also 6.6), or
- a combination of these provisions.

If conductors of the separated circuit are contained together with 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, see 5.4.5.

5.4.4 Limited current source

A limited current source shall be so designed that it cannot supply touch currents in excess of the limit values indicated in 5.2.7.

The requirements of 5.2.7 apply also to any likely failure of a single component of the limited current source.

The limit values should be determined by the relevant technical committee.

5.4.5 Protective impedance device

A protective impedance device shall reliably limit the touch current to the values indicated in 5.2.7.

The protective impedance device shall withstand the electric stresses specified for the insulation which it bridges.

These requirements apply also to any likely failure of a single component of the protective impedance device.

5.4.6 Other provisions for enhanced protection

Any other enhanced protective provision for both basic protection and fault protection shall comply with the requirements of 4.1 for protection against electric shock.

5.5 Provisions for additional protection

5.5.1 Additional protection by residual current protective device (RCD) $I_{\Delta n} \leq 30 \text{ mA}$

In the case of low voltage, an RCD with $I_{\Delta n} \leq 30 \text{ mA}$ is applied as an additional protective provision where

- a) basic protection is provided by one of the provisions of 5.2.2 (basic insulation) or 5.2.3 (protective barriers or enclosures), and/or
- b) fault protection is provided by one of the provisions of 5.3.3 (protective-equipotential-bonding) and 5.3.6 (automatic disconnection of supply).

This protective provision is recognized as additional protection in the event of failure of the provision for basic protection and/or the provision for fault protection, or carelessness by users.

Devices for additional protection shall disconnect the live conductors by providing an isolating distance according to 8.4.

Residual current monitoring devices (RCMs) are not considered to be protective devices.

5.5.2 Additional protection by supplementary equipotential bonding

Additional protection by supplementary equipotential bonding is a provision whereby dangerous touch voltages are avoided by bonding of items.

Supplementary equipotential bonding is provided as an additional protective provision where

- a) basic protection is provided by one of the provisions of 5.2.2 (basic insulation) or 5.2.3 (protective barriers or enclosures), and
- b) fault protection is provided by protective earthing, protective equipotential bonding (5.3.3) and automatic disconnection in the event of a fault (5.3.6).

This protective provision will help avoid hazardous voltages between exposed-conductive-parts and extraneous-conductive-parts which can be touched simultaneously.

6 Protective measures

6.1 General

Clause 6 describes the structure of typical protective measures, indicating in some cases which protective provision(s) are for basic protection, for fault protection and for additional protection.

More than one of the following protective measures (see from 6.2 to 6.11) may be used within the same installation, system or equipment both under normal operating conditions and under single fault conditions.

The use of ELV other than that in accordance with 6.7 and 6.8 is not a protective measure

6.2 Protection by automatic disconnection of supply

Automatic disconnection of supply shall consist of a combination of the following protective provisions:

- basic protection is provided by basic insulation, or protective barriers or enclosures between hazardous-live-parts and exposed-conductive-parts; and
- fault protection is provided by automatic disconnection of supply.

Automatic disconnection of supply requires, according to 5.3.6, a protective-equipotential-bonding system as specified in 5.3.3. The relevant maximum disconnection times can be derived from IEC 60364-4-41.

6.3 Protection by double or reinforced insulation

Protective measure in which

- basic protection is provided by basic insulation of hazardous-live-parts and fault protection is provided by supplementary insulation,

or

- basic protection and fault protection are provided by reinforced insulation between hazardous-live-parts and accessible parts (accessible conductive parts and accessible surfaces of insulating material).

6.4 Protection by protective equipotential bonding

Protective measure in which

- basic protection is provided by basic insulation between hazardous-live-parts and exposed-conductive-parts, and
- fault protection is provided by a protective equipotential bonding system preventing hazardous voltages between simultaneously accessible exposed and extraneous-conductive-parts.

6.5 Protection by electrical separation

Electrical separation is achieved where the following conditions are met:

- basic protection is provided by basic insulation between hazardous-live-parts and exposed-conductive-parts of the separated circuit; and
- fault protection is provided
 - by simple separation of the separated circuit from other circuits and earth, and
 - by a protective-equipotential-bonding interconnecting exposed-conductive-parts of the separated circuit where more than one item of equipment is connected to the separated circuit. This protective-equipotential-bonding system shall not be earthed.

Intentional connection of exposed-conductive-parts to a protective earthing conductor or to an earthing conductor is not permitted.

NOTE Electrical separation is mainly used in low-voltage installations and equipment but the application is not excluded in high-voltage installations and equipment.

6.6 Protection by non-conducting environment (low-voltage)

Protective measure in which

- basic protection is provided by basic insulation between hazardous-live-parts and exposed-conductive-parts, and
- fault protection is provided by the non-conducting environment.

6.7 Protection by SELV system

Protective measure in which protection is provided by

- limitation of voltage in a circuit to ELV limits as defined in Table 1 (the SELV system), and
- protective separation of the SELV system from all circuits other than SELV and PELV, and
- simple separation of the SELV system from other SELV systems, from PELV systems and from earth.

Intentional connection of exposed-conductive-parts to a protective conductor or to an earthing conductor is not permitted.

In special locations where SELV is required and where protective screening according to 5.3.4 is applied, the protective screen shall be separated from each adjacent circuit by basic insulation intended for the highest voltage present.

6.8 Protection by PELV system

Protective measure in which protection is provided by:

- limitation of voltage in a circuit to ELV limits as defined in Table 1 and the circuit may be earthed and/or the exposed-conductive-parts of which may be earthed (the PELV system); and
- protective separation of the PELV system from all circuits other than SELV and PELV.

If the PELV circuit is earthed and if protective screening according to 5.3.4 is used, it is not necessary to provide basic insulation between the protective screen and the PELV system.

NOTE Where live parts of the PELV system are accessible simultaneously with conductive parts which, in case of a fault, could assume the potential of the primary circuit, protection against electric shock depends on protective-equipotential-bonding between all such conductive parts.

6.9 Protection by limitation of steady-state touch current and charge

Protective measure in which protection is provided by

- supply of a circuit:
 - from a limited current source, or
 - through a protective impedance device,

and

- protective separation of the circuit from hazardous-live-parts.

6.10 Additional protection

6.10.1 Additional protection by residual current protective device (RCD) $I_{\Delta n} \leq 30 \text{ mA}$

An RCD with $I_{\Delta n} \leq 30 \text{ mA}$ is used in addition to

- basic protection by basic insulation according to 5.2.2 or 5.2.3; and/or
- fault protection by one of the provisions of 5.3.3, 5.3.6 or 5.3.10.

The RCD for additional protection shall be suitable for isolation.

6.10.2 Additional protection by supplementary protective equipotential bonding

Supplementary protective-equipotential-bonding is used in addition to

- basic protection by basic insulation between hazardous-live-parts and exposed-conductive-parts, and

- fault protection by one of the provisions of 5.3.2, 5.3.3 or 5.3.10

by applying protective-equipotential-bonding to avoid hazardous voltages between exposed-conductive-parts and extraneous-conductive-parts which can be touched simultaneously.

6.11 Protection by other measures

Any other protective measure shall comply with the requirements of 4.1 for protection against electric shock and provide basic protection and fault protection.

7 Co-ordination between electrical equipment and protective provisions within an electrical installation

7.1 General

Protection is achieved by a combination of the constructional arrangements for the equipment and devices, together with the method of installation. Technical committees are recommended to use the protective measures described in Clause 6.

Current using equipment shall be classified in accordance with the classes of 7.2 to 7.5. The use of protective provisions in the several classes of equipment is described in 7.2 to 7.5 (see also Table 3).

If it is not appropriate to classify equipment and devices in this way, technical committees shall then specify the relevant methods of installation for their products.

For some equipment, the compliance with the classification can be achieved only after installation, e.g. where the installation prevents access to live parts. In this case, suitable instructions shall be provided by the manufacturer or responsible vendor.

Different protective measures applied to the same installation or part of an installation or within equipment shall have no influence on each other such that failure of one protective measure could impair the other protective measure or measures.

Table 3 – Application of equipment in a low-voltage installation

Class of equipment	Equipment marking or instructions	Symbol	Conditions for connection of the equipment to the installation
Class I	Marking of the protective bonding terminal with graphical symbol IEC 60417-5019:2006-08, or letters PE, or colour combination green-yellow		Connect this terminal to the protective-equipotential-bonding system of the installation
Class II	Marking with the graphical symbol IEC 60417-5172:2003-02 (double square)		No reliance on installation protective measures
Class III	Marking with the graphical symbol IEC 60417-5180:2003-02 (roman numeral III in a diamond)		Connect only to SELV or PELV systems

7.2 Class 0 equipment

Equipment with basic insulation as provision for basic protection and with no provisions for fault protection.

All conductive parts which are not separated from hazardous-live-parts by at least basic insulation shall be treated as if they were hazardous-live-parts.

Class 0 shall only be used for equipment intended for connection by means of cord and plug to circuits operating at voltage not exceeding 150 V to earth.

However it is recommended that product committees withdraw class 0 from their product standards.

7.3 Class I equipment

7.3.1 General

Equipment with at least one provision for basic protection and a connection to a protective conductor as provision for fault protection.

7.3.2 Insulation

All conductive parts which are not separated from hazardous-live-parts by at least basic insulation shall be treated as if they were hazardous-live-parts. This also applies to conductive parts which are separated by basic insulation but which are connected to hazardous-live-parts through components which are not designed for the same stresses as specified for basic insulation.

7.3.3 Connection to the protective conductor

Exposed-conductive-parts of the equipment shall be connected to the protective conductor terminal.

NOTE Exposed-conductive-parts include those parts which are covered only by paints, varnishes, lacquers and similar products.

Conductive parts which can be touched are not exposed-conductive-parts if they are separated from hazardous-live-parts by protective separation.

7.3.4 Accessible surfaces of parts of insulating material

If the equipment is not completely covered with conductive parts, the following applies to accessible parts of insulating material:

Accessible surfaces of parts of insulating material which

- are designed to be grasped, or
- are likely to come into contact with conductive surfaces which could distribute hazardous potential, or
- can come into significant contact (area more than 50 mm × 50 mm) with a part of the human body, or
- are to be used in areas where the pollution is highly conductive,

shall be separated from hazardous-live-parts by

- double or reinforced insulation, or
- basic insulation and protective screening, or
- a combination of these provisions.

All other accessible surfaces of parts of insulating material shall be separated from hazardous-live-parts by at least basic insulation. For equipment intended to be part of the fixed installation, the basic insulation shall be provided either by the manufacturer or during installation as specified by the manufacturer or responsible vendor in his instructions.

These requirements are deemed to be complied with if the accessible parts of insulating material provide the required insulation.

Technical committees may impose more stringent requirements than basic insulation for certain accessible parts of insulating material (e.g. which need to be touched frequently, such as operating means), taking into account the area of the contact surface with the human body.

7.3.5 Connection of a protective conductor

7.3.5.1 The means of connection, except for plug-and-socket connections, shall be clearly identified either with the graphical symbol IEC 60417-5019:2006-08, or with the letters PE, or by the bi-colour combination of green and yellow according to IEC 60445. The indication shall not be placed on or fixed by screws, washers or other parts which might be removed when conductors are being connected.

7.3.5.2 For flexible cable connected equipment, including fixed and plug-and-socket types, provisions shall be made such that the protective conductor in the cord shall, in case of failure of the strain-relief mechanism, be the last conductor to be interrupted.

7.4 Class II equipment

7.4.1 General

Class II equipment comprises equipment with

- basic insulation as provision for basic protection, and
- supplementary insulation as provision for fault protection,

or in which

- basic protection and fault protection are provided by reinforced insulation.

7.4.2 Insulation

7.4.2.1 The accessible conductive parts and the accessible surfaces of parts of insulating material shall either be

- separated from hazardous live-parts by double or reinforced insulation, or
- designed with constructional arrangements providing equivalent protection, e.g. a protective impedance device.

For equipment intended to be part of the fixed installation, this requirement shall be fulfilled when the equipment is properly installed. This means that the insulation (basic, supplementary or reinforced) and the protective impedance, if relevant, shall be provided either by the manufacturer or during installation as specified by the manufacturer or responsible vendor in his instructions.

Arrangements providing equivalent fault protection may be defined by technical committees along with requirements appropriate to the nature of the equipment and its application.

7.4.2.2 All conductive parts which are separated from hazardous-live-parts by basic insulation only or by constructional arrangements providing equivalent protection shall be separated from the accessible surface by supplementary insulation or by constructional arrangements providing equivalent protection.

All conductive parts which are not separated from hazardous-live-parts by at least basic insulation shall be treated as if they were hazardous-live-parts, i.e. they shall be separated from the accessible surface in accordance with 7.4.2.1.

7.4.2.3 The enclosure shall not contain any screws or other fixing means of insulating material where these screws or other fixing means need to be removed or are likely to be removed during installation and maintenance and where the replacement of which by metallic screws or other fixing means could impair the insulation required.

7.4.2.4 The insulation of class II equipment shall comply with 5.1.6 of IEC 60664-1:2007.

7.4.3 Protective bonding

7.4.3.1 Class II equipment shall not have a provision for connection to a protective conductor except for applications according to 7.4.3.2.

7.4.3.2 Where a class II equipment is provided with means for maintaining the continuity of a protective conductor, but in all other respects is constructed as class II equipment, such means shall be insulated in accordance with 7.4.2.1.

Conductive parts enclosed in the insulating enclosure shall not be connected to a protective conductor. However, provision may be made for connecting protective conductors which run through the enclosure. Inside the enclosure, any such conductors and their terminals shall be insulated as though they were live parts, and their terminals shall be marked as PE terminals.

7.4.3.3 Class II equipment may be provided with means for connection to earth for functional (as distinct from protective) purposes only where such a need is recognized in the relevant IEC standard. Such means shall be insulated from live parts by double or reinforced insulation. The means for functional earthing shall have a distinctive marking from the means for protective earthing and shall not be connected by a conductor identified as PE in accordance with IEC 60445.

NOTE A functional earthing can be used for example for EMC purposes.

7.4.4 Marking

Class II equipment, including equipment complying with 7.4.3.1, shall be marked with the graphical symbol of IEC 60417-5172:2003-02, placed adjacent to the supply information, e.g. on the rating plate, in such a way that it is obvious that the symbol is part of the technical information and can in no way be confused with the manufacturer's name or other identification marks.

Where a class II equipment has a functional earthing terminal, this terminal shall be identified with the graphical symbol IEC 60417-5018: 2011-07.

7.5 Class III equipment

7.5.1 General

Equipment relying on limitation of voltage to ELV values as provision for basic protection and with no provision for fault protection.

7.5.2 Voltages

7.5.2.1 Equipment shall be designed for a maximum nominal voltage not exceeding 50 V a.c. or 120 V d.c. (ripple-free).

NOTE 1 Ripple-free is conventionally defined as an r.m.s. ripple voltage of not more than 10 % of the d.c. component. Maximum values for non-sinusoidal a.c. voltage are under consideration.

NOTE 2 According to Clause 414 of IEC 60364-4-41:2005, class III equipment is accepted only for connection to SELV and PELV systems.

Technical committees should determine the maximum permitted rated voltage of their products in accordance with IEC TS 61201 and the specified conditions of use of these products.

7.5.2.2 Internal circuits may operate at any nominal voltage which does not exceed the limits specified in 7.5.2.1.

7.5.2.3 In case of a single fault within the equipment, no steady-state touch voltage which may appear or be generated shall exceed the limits specified in 7.5.2.1.

7.5.3 Protective bonding

Class III equipment shall not be provided with a means of connection for a protective conductor. The equipment may however be provided with means for connection to earth for functional (as distinct from protective) purposes where such a need is recognized in the relevant IEC standard. In any case, provision for the connection of live parts to earth shall not be made in the equipment.

The means for functional earthing shall have a distinctive from that used for a means for protective earthing and shall not be connected by a conductor identified as PE in accordance with IEC 60445.

7.5.4 Marking

The equipment shall be marked with the graphical symbol of IEC 60417-5180:2003-02. This requirement does not apply where the means of connection to the supply is so shaped that it can only mate exclusively with a particularly designed SELV or PELV supply arrangement.

7.6 Touch currents, protective conductor currents

7.6.1 General

Subclause 7.6 is applicable only to low-voltage installations, systems and equipment.

The requirements of 7.6 take into account equipment intended to be supplied by plug and socket-outlet systems, or by a permanent connection, or the case of stationary equipment.

NOTE The effects of leakage current are currently not considered in this standard.

7.6.2 Touch currents

Measures shall be taken so that when accessible parts are touched under normal condition, the touch current does not exceed the threshold of perception as indicated in IEC TS 60479-1. The touch currents shall be measured according to IEC 60990. Where additional touch current is allowed under fault conditions, product committees shall specifically identify in their standards the conditions and the additional current allowed.

NOTE 1 See Figure 20 of IEC TS 60479-1:2005 for a.c. 50Hz and/or 60Hz and Figure 22 for d.c.

NOTE 2 Values for frequencies up to 10 kHz can be obtained from Figures 1 and 4 of IEC 60479-2:2007. For frequencies above 10 kHz, see 4.4 of IEC 60479-2:2007.

7.6.3 Protective conductor currents

7.6.3.1 General

Measures shall be taken in the installation and in equipment to prevent excessive protective conductor currents impairing safety or normal use of the electrical installation.

Technical committees shall determine that the correct operation of protective devices, e.g. RCDs and CBs, is not affected by the protective conductor current generated by products or systems under their scope.

Manufacturers shall make available information on the value and characteristics of the expected protective conductor current under normal operating conditions. For frequencies

other than 50 Hz and/or 60 Hz product committees are encouraged to use the lowest practicable values of protective conductor current limits.

7.6.3.2 Requirements for the prevention of excessive protective conductor currents of current-using equipment

Electrical equipment which causes, under normal conditions, a current to flow in the protective conductor of its supply, shall be compatible with protective provisions.

7.6.3.3 Limits of a.c. components of protective conductor currents of current-using equipment

The limit values for protective conductor currents under normal operating conditions as given by Table 4 are applicable to low-voltage current-using equipment supplied at rated frequencies up to 1 kHz.

Table 4 – Maximum protective conductor current for frequencies up to 1 kHz

Rated current of current-using equipment a.c.	Maximum protective conductor current for frequencies up to 1 kHz
$0 < I \leq 2 \text{ A}$	1 mA
$2 \text{ A} < I \leq 20 \text{ A}$	0,5 mA/A
$I > 20 \text{ A}$	10 mA

For current-using equipment for permanent connection intended to be connected to a reinforced protective conductor according to 7.6.3.5, product committees should state the maximum values for the protective conductor current, which in no case shall exceed 5 % of the rated input current per phase.

Measurements shall be carried out on equipment as delivered.

7.6.3.4 Limits of d.c. components of protective conductor current

In normal use, a.c. current using equipment shall not generate current with a d.c. component in the protective conductor that exceeds the values in Table 5. This will prevent affecting the proper functioning of protective device(s) or other equipment in the installation.

Table 5 – Maximum protective conductor current for DC

Rated current of current-using equipment a.c.	Maximum protective conductor current d.c.
$I \leq 2 \text{ A}$	5 mA
$2 \text{ A} < I \leq 20 \text{ A}$	2,5 mA/A
$I > 20 \text{ A}$	50 mA

Pluggable electrical equipment with a rated input $\leq 4 \text{ kVA}$ shall be designed to have protective conductor current with a smooth superimposed d.c. current component limited to $\leq 6 \text{ mA}$.

For pluggable electrical equipment with a rated input $> 4 \text{ kVA}$ and permanently connected electrical equipment independent of the rated input shall contain in the operating manual advice about the protective measure.

In case of d.c. protective conductor currents $> 6 \text{ mA}$, suitable protective devices shall be selected, e.g. RCD type B.

7.6.3.5 Provisions in equipment in case of connection to reinforced protective conductor circuits for protective conductor currents exceeding 10 mA

The following shall be provided in the current-using equipment:

- a connecting terminal designed for the connection of a protective conductor, having a cross-sectional area of at least of 10 mm² Cu or 16 mm² Al; or
- a second terminal designed for the connection of a protective conductor of the same cross-section as that of the normal protective conductor so as to connect a second protective conductor to the current-using equipment.

NOTE For requirements for reinforced protective conductors, see 543.7 of IEC 60364-5-54:2011.

7.6.3.6 Information

For equipment intended for permanent connection with reinforced protective conductor, the value of the protective conductor current shall be provided by the manufacturer in his documentation and indication shall be given in the instructions for installation that the equipment shall be installed as described in 7.6.4.2.

7.6.4 Other requirements

7.6.4.1 Signalling systems

The use of a protective conductor of an electrical installation for signalling is not allowed.

7.6.4.2 Reinforced protective conductor circuits in installations for protective conductor currents exceeding 10 mA

For current-using equipment intended for permanent connection and having a protective conductor current higher than 10 mA, provision shall be made for a secure and reliable connection with earth such as described in IEC 60364-5-54.

7.6.5 Other effects

Muscular contractions and thermal effects caused by current passing through the human body or livestock and effects of discharge of electrostatic charges may also but not generally lead to hazardous situations.

Technical committees shall take into consideration

- that persons or livestock could become energized by currents of values as described in 4.5.1 resulting from contact with metal parts. It might be necessary to specify additional precautions to prevent the users from experiencing involuntary muscular contractions.
- that persons or livestock could be subjected to values of touch current and charge liable to be hazardous or perceptible (see 4.6.3).
- that due to the effect of currents as described in 4.6.4 flowing in the human body or livestock for more than a few seconds, deep seated burns, and other internal injuries (e.g. kidney failure), could occur. Surface burns may also arise.

7.7 Safety and boundary clearances and hazard marking for high-voltage installations

The design of the installation shall be such as to restrict access to danger zones. For skilled and instructed persons the need for operational and maintenance access shall be taken into account. Where safety distances cannot be achieved, permanent protective facilities shall be installed. Values shall be specified by technical committee(s) for

- barrier clearances,
- obstacle clearances,
- external fences and access doors,

- minimum height and distance from access areas,
- clearances to buildings.

Hazard markings shall be prominently displayed on all access doors, fences, protective barriers and overhead line poles and towers, etc.

7.8 Functional earthing

Equipment may be provided with means for connection to earth for functional (as distinct from protective) purposes only where such a need is recognized in the relevant IEC standard (e.g. for EMC purposes). Such means shall be

- insulated from live parts, and
- insulated from exposed conductive parts except where exposed conductive parts are connected to a protective bonding terminal, e.g. in case of PELV equipment.

The means for functional earthing shall have a marking or other identification in accordance with IEC 60445.

8 Special operating and servicing conditions

8.1 General

Detailed requirements for operation of electrical installations, e.g.

- live working;
- de-energized working;
- working close to live parts

are subjects for consideration by appropriate technical committees.

8.2 Devices to be operated manually and components intended to be replaced manually

8.2.1 General

NOTE 1 Examples include:

- devices which need to be reset (e.g. circuit-breakers, overcurrent/overvoltage/undervoltage devices);
- replaceable components (e.g. lamps, fuselinks)

for (re)establishing the function of the installation, system or equipment. Subclause 8.2.2 also applies to access for user maintenance.

NOTE 2 For the purpose of this standard, "manually" means "by hand, with or without a tool".

8.2.2 Devices to be operated or components intended to be replaced by ordinary persons in low-voltage installations, systems and equipment

8.2.2.1 General

Protection against any contact with hazardous-live-parts shall be maintained when operating devices or when replacing components.

NOTE It is recognized that certain lamp-holders and fuse-holders, complying with existing standards, do not fulfil this requirement when the components are being replaced.

8.2.2.2 Where installations, systems or equipment incorporate devices which require manual operation, or components which require manual replacement, these devices and components shall be located where no hazardous-live-parts are accessible.

8.2.2.3 Where compliance with 8.2.2.2 is not practicable, protection shall be provided by means which ensure isolation from the electrical supply before access is gained.

8.2.3 Devices to be operated or components intended to be replaced by skilled or instructed persons

8.2.3.1 General

Protection against unintentional access to hazardous-live-parts or against unintentionally entering the danger zone shall be provided according to 8.2.3.2 and 8.2.3.3 where either

- there are no protective barriers or enclosures, or
- protective barriers or enclosures are to be removed by skilled or instructed persons to gain access to devices requiring manual operation or to components requiring replacement.

Technical committees may restrict the application of this subclause or impose additional requirements and specify the kind of manual operation for which this method of protection is permitted.

8.2.3.2 Location of devices and components

The equipment shall be so designed and installed that the devices and components are accessible and visible to a person who is in a position where he or she may readily and safely operate the device or replace the component.

Such positions and relevant information to be supplied by the manufacturer should be specified by technical committees, as appropriate.

If the mounting position of equipment may adversely affect the visibility or access to devices or components in such a way as to cause a hazard, then the required mounting position shall be indicated and observed.

In case of the presence of a.c. and d.c. circuits in the same equipment and/or installation, the a.c. and d.c. conductors shall be provided with distinct identification

8.2.3.3 Accessibility and operation

The access path to a device and the space needed for its operation shall be such that protection against unintentional contact with hazardous-live-parts or against unintentionally entering the danger zone is provided by an appropriate distance. The distance shall be specified by the technical committee.

Alternatively, where the access path or space has less than the appropriate distance from hazardous-live-parts, obstacles shall be provided. These obstacles shall provide protection against unintentional contact. The degree of protection shall be not less than IPXXB (also complied with by IP2X) of IEC 60529 from the direction of approach to the device or component, and not less than IPXXA (also complied with by IP1X) of IEC 60529 from other appropriate directions.

8.3 Electrical values after isolation

Where protection relies on isolation of hazardous-live-parts from the supply (e.g. when opening enclosures or removing protective barriers), capacitances shall be automatically discharged so that 5 s after isolation, the limit values of voltage specified in Annex A of IEC TS 61201:2007 will not be exceeded. If this would interfere with proper functioning of the

equipment, a readily visible warning notice shall be provided, indicating the time of discharge to the limit values.

For particular conditions (e.g. withdrawal of a plug), technical committees may have to specify a shorter time.

After isolating, particularly with high voltages, the following effects should be considered:

- capacitors can have high residual charges;
- inductances, e.g. transformer windings, can have a high trapped charge over a relatively long period of time.

8.4 Devices for isolation

8.4.1 General

Devices suitable for isolation shall effectively isolate the circuit concerned from all live conductors of the supply.

NOTE 1 With regard to low voltage, see also 8.4.2.

The position of the contacts or other means of isolation shall, in the isolated position, be either externally visible or clearly and reliably indicated.

NOTE 2 The indication can be achieved by suitable marking to indicate the isolated and closed positions respectively.

Devices suitable for isolation shall be designed and/or erected to prevent unintentional or unauthorized operation.

NOTE 3 Such operation might be caused for example by mechanical shocks and vibrations.

8.4.2 Devices for isolation for low voltage

Devices suitable for isolation shall effectively isolate the circuit concerned from all live conductors of the supply. However, in TN-S or TN-C-S systems where the supply system conditions are such that the neutral or mid-point conductor can be regarded as being reliably at earth potential, the neutral conductor need not be isolated.

Devices for isolation shall comply with the following two conditions:

- a) When in the new, clean and dry condition, with the contacts in the position for isolation, the device shall withstand between the line and load terminals, the impulse withstand voltage given in Table 6.

Table 6 – Minimum impulse withstand voltage of devices
for isolation related to the nominal voltage

Nominal voltage of the supply system ^a V		Minimum impulse withstand voltage ^b kV	
Three-phase systems	Single-phase systems with middle point	Overvoltage category III	Overvoltage category IV
230/400, 277/480	120 – 240	3	5
400/690		5	8
		8	10
1 000		10	15
NOTE 1 For an explanation of the overvoltage categories, see 4.3.3.2 of IEC 60664-1:2007.			
NOTE 2 The impulse withstand voltages are referred to an altitude of 2 000 m.			
NOTE 3 The values of 100/200V, 50Hz or 60Hz are also used in some countries.			
^a According to IEC 60038.			
^b Equipment of overvoltage category II and I are not applicable for isolation.			

b) The leakage current across open poles shall under no circumstances exceed

- 0,5 mA per pole in the new, clean and dry condition, and
 - 6 mA per pole, at the end of the conventional service life of the device,
when tested across the terminals of each pole with a test voltage value equal to 110 % of the voltage between line to neutral corresponding to the rated voltage of equipment, when the starpoint or midpoint of the supply is connected to earth. In all other cases the test voltage value shall be equal to 110 % of the line-to-line voltage of the supply system.
- In the case of d.c. testing, the value of the d.c. voltage shall be the same as the r.m.s. value of the a.c. test voltage.

Tests to verify this requirement may be specified by the relevant technical committee.

8.4.3 Devices for isolation for high voltage

8.4.3.1 General

Every isolating device shall be suitable for the assigned purpose.

All general requirements, e.g. earthing arrangements and if necessary the special requirements of the location, e.g. altitude, shall be stated and taken into consideration.

All isolated parts of the main circuit to which access is required or provided shall be capable of being earthed prior to becoming accessible. This requirement does not necessarily apply to removable parts that become accessible after being separated from the installation.

The corresponding specifications for the assigned equipment shall be designed taking into account the network configuration, the local particular conditions and the experiences of operation and maintenance.

It shall be taken into consideration that the expected electrical stresses are not only those found in normal operation, but also additional stresses, for example in case of a short-circuit fault.

Lightning and switching overvoltages shall be also taken into consideration.

Mechanical, climatic and other special stresses which belong to external influences at the site of installation shall be considered during the design process of the equipment.

NOTE Besides these stresses, it is important to pay attention to IEC 60071-1, insulation coordination, by the selection of a suitable switching device.

To avoid unintentional operation, a facility for locking of the isolating device for safety reasons shall be available in the "on" and "off" position.

For the construction or installation of devices for isolation it should be taken into consideration that electric arcs or hot ionizing gases may be generated when switching off. Therefore equipment should be designed or installed in such a way that ionized gas released during switching does not result in damage to the equipment or in danger to operating personnel. This is valid also if there is a secondary flashover by ionization to parts which are not live parts.

8.4.3.2 Characteristics of devices for isolation

Devices for isolation shall comply with the performances defined for longitudinal insulation. That is satisfied when the isolating distance has the dielectric performances specified in IEC 62271-102 for that purpose.

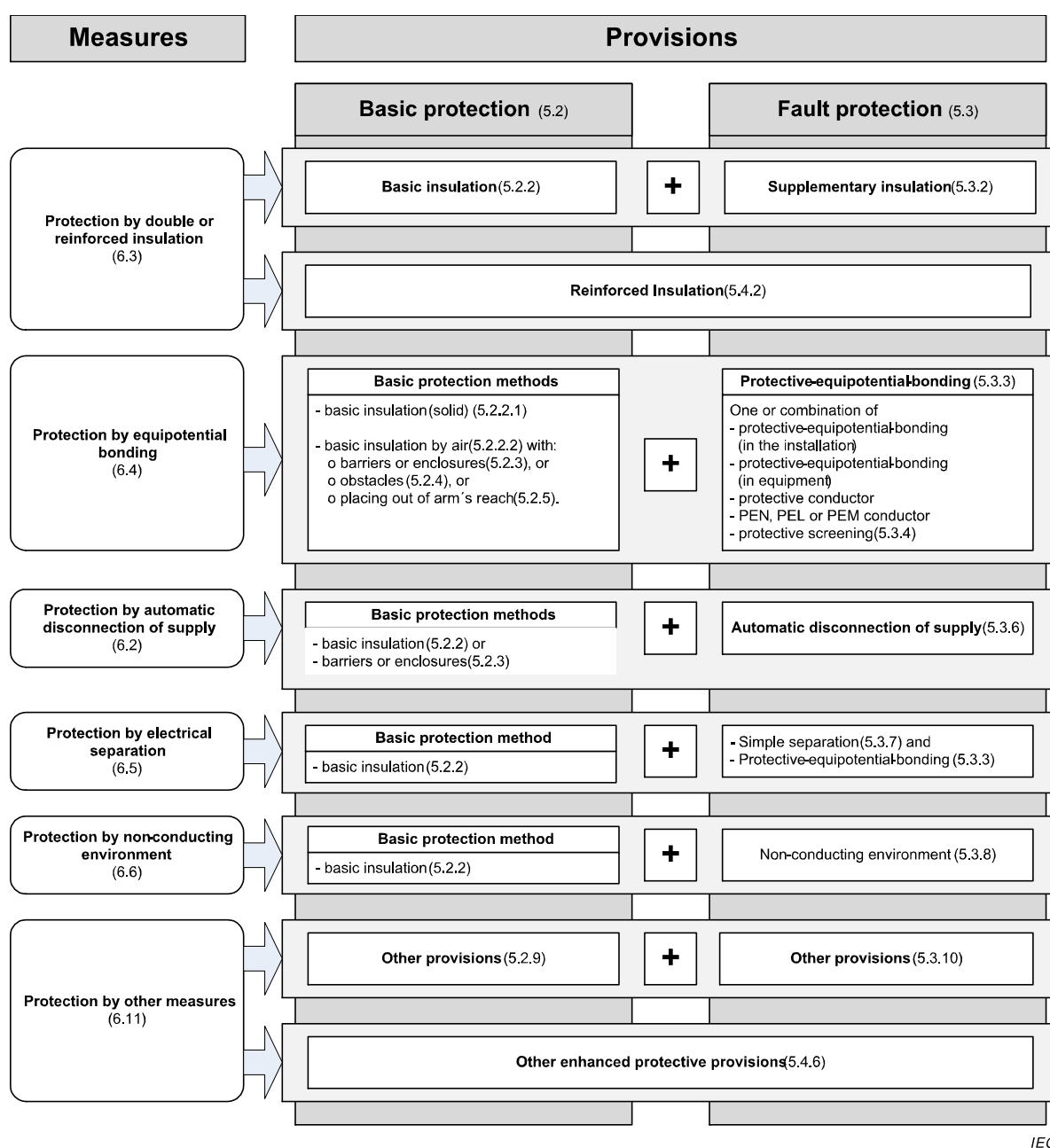
For safety reasons, devices for isolation shall be designed so that any earth leakage current which may flow from one contact to the terminal on the other side of the isolator is limited to an acceptable level. This safety requirement is fulfilled if this leakage current is reliably dissipated to earth.

Annex A (informative)

Survey of protective measures as implemented by protective provisions

NOTE Not all of the protective provisions are applicable to both low-voltage and high-voltage.

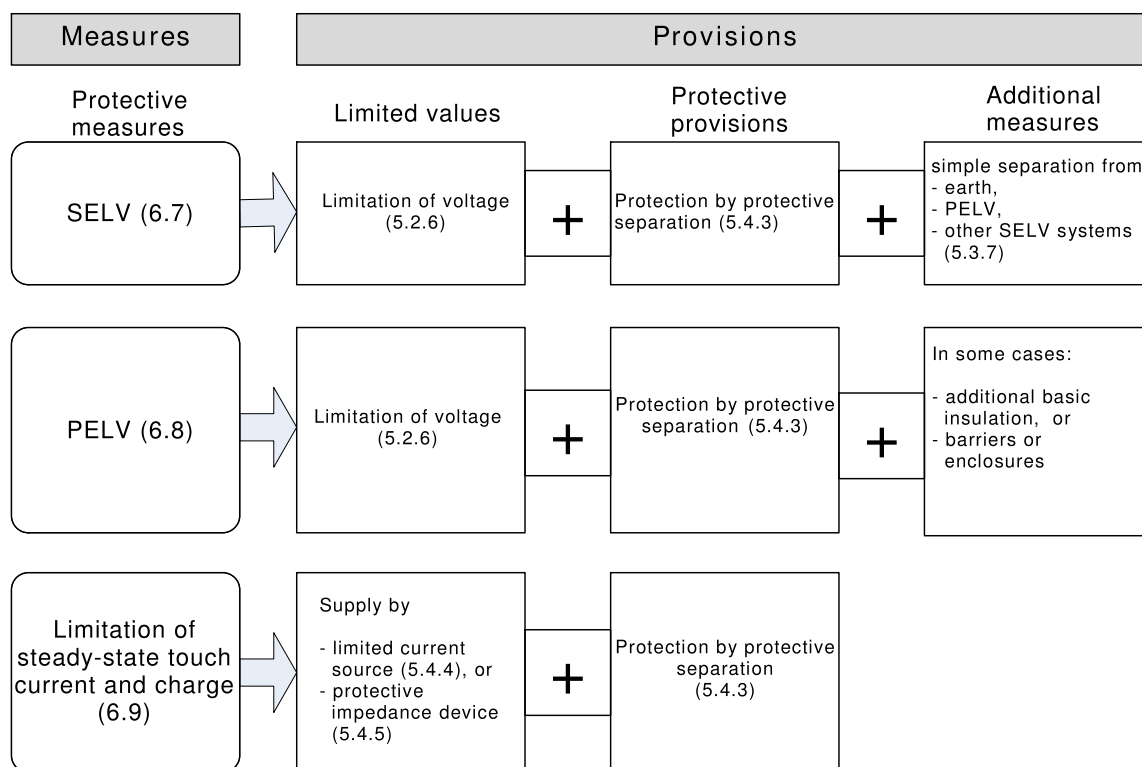
Figure A.1 shows the relationship between protective measures and their respective provisions for basic protection and fault protection.



IEC

Figure A.1 – Protective measures with basic and fault protection

Figure A.2 shows the relationship between protective measures with limited values of electrical quantities and their respective provisions



IEC

Figure A.2 – Protective measures with limited values of electrical quantities

Figure A.3 shows the relationship between protective measures for additional protection and their respective provisions

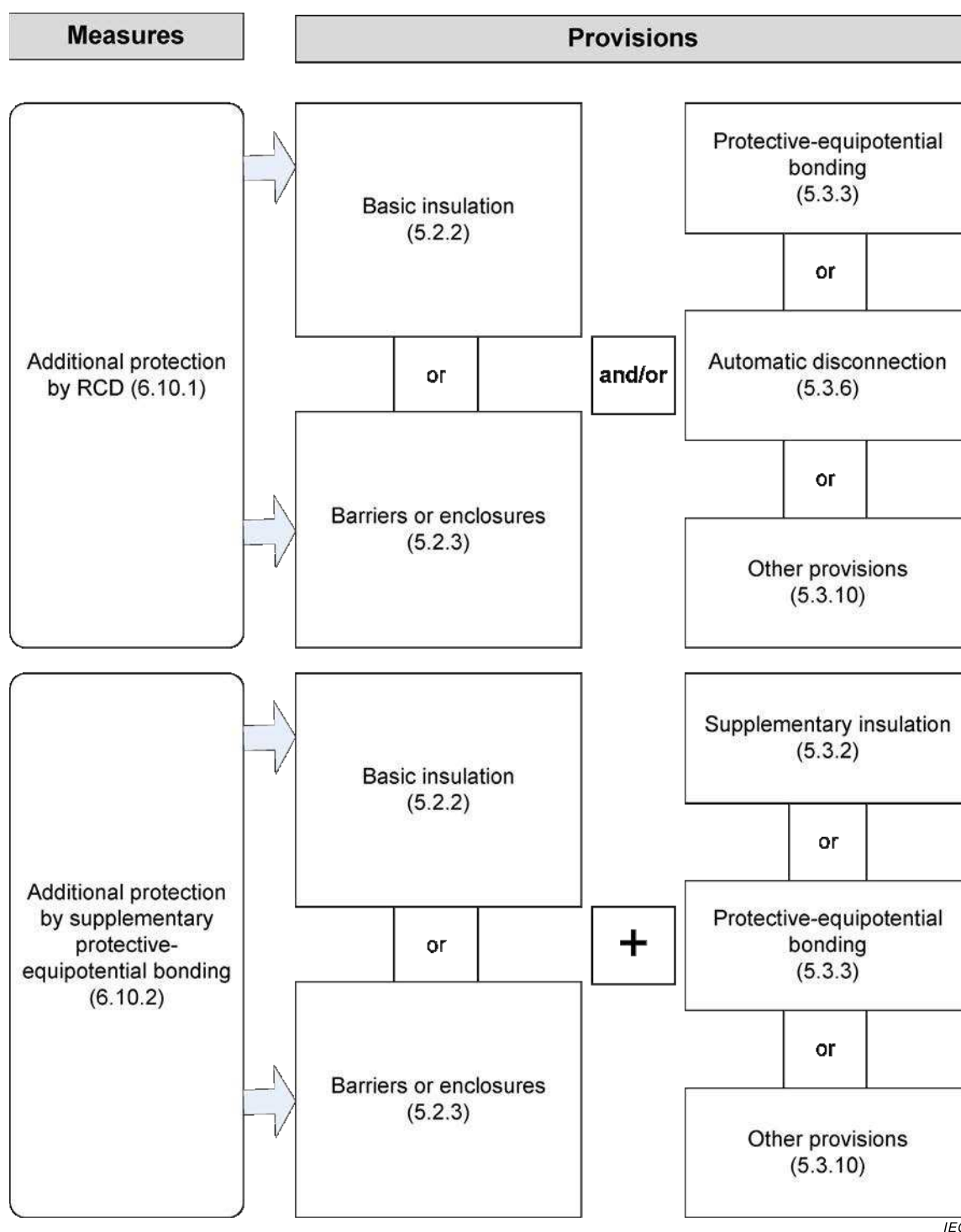


Figure A.3 – Protective measure: additional protection (in addition to basic and/or fault protection)

Annex B (informative)

Index of terms

Term	Subclause reference
additional protection	3.1.3
arm's reach	3.15
automatic disconnection of supply	3.18
barrier, (electrically) protective	3.13
basic insulation	3.10.1
basic protection	3.1.1
bonding, see equipotential bonding	3.16
circuit, (electric)	3.2
(conductive) screen	3.20
(conductive) shield (US)	
conductor	
earthing conductor	3.17.5
grounding conductor (US)	
line conductor	3.16.10
neutral conductor	3.16.11
PE conductor	3.16.5
PEM conductor	3.16.7
PEN conductor	3.16.6
PEL conductor	3.16.8
protective conductor	3.16.4
protective bonding conductor	3.16.9
danger zone	3.35
disconnection of supply, automatic	3.18
double insulation	3.10.3
earth	3.17
earth (verb)	3.17.1
earth electrode	3.17.4
ground electrode (US)	
(local) earth	3.17.3
(local) ground (US)	
reference earth	3.17.2
reference ground (US)	
earthing	
functional earthing	3.17.8
functional grounding (US)	

Term	Subclause reference
earthing arrangement	3.17.6
grounding arrangement (US)	
earthing conductor	3.17.5
grounding conductor (US)	
protective earthing	3.17.7
protective grounding (US)	
(effective) touch voltage	3.8.1
electric burn	3.43
electric circuit	3.2
electric shock	3.1
Electrical equipment	3.3
(electrical) installation	3.40
(electrical) separation	3.25
(electrically) instructed person	3.31
(electrically) skilled person	3.30
(electrically) protective barrier	3.13
(electrically) protective enclosure	3.14
(electrically) protective obstacle	3.12
(electrically) protective screen	3.21
(electrically) protective shield (US)	
(electrically) protective screening	3.22
(electrically) protective shielding (US)	
(electrically) protective separation	3.24
electrode	
earth electrode	3.17.4
ground electrode (US)	
enclosure, (electrically) protective	3.14
enhanced protective provision	3.19
equipment, electrical	3.3
equipment, stationary	3.37
equipotential bonding	3.16
equipotential bonding terminal	3.16.2
protective-equipotential-bonding	3.16.1
exposed-conductive-part	3.6
extra-low voltage (ELV)	3.26
PELV system	3.26.2
SELV system	3.26.1
extraneous-conductive-part	3.7
fault protection	3.1.2
fault condition, single	3.1.4
functional earthing	3.17.8
functional grounding (US)	
grading, potential	3.34

Term	Subclause reference
ground electrode (US)	3.17.4
ground, (local) (US)	3.17.3
ground, reference (US)	3.17.2
grounding arrangement (US)	3.17.6
grounding conductor (US)	3.17.5
grounding, functional (US)	3.17.8
grounding, protective (US)	3.17.7
hazardous-live-part	3.5
impulse withstand voltage	3.42
installation, (electrical)	3.40
instructed person, (electrically)	3.31
Insulation	3.10
basic insulation	3.10.1
double insulation	3.10.3
reinforced insulation	3.10.4
supplementary insulation	3.10.2
isolation	3.41
leakage current	3.36
line conductor	3.16.10
limitation of steady-state touch current and electric charge, (protection by)	3.27
limited-current-source	3.28
live part	3.4
(local) earth	3.17.3
(local) ground (US)	
neutral conductor	3.16.11
non-conducting environment	3.11
obstacle, (electrically) protective	3.12
ordinary person	3.32
PE conductor	3.16.5
PEL conductor	3.16.8
PEM conductor	3.16.7
PEN conductor	3.16.6
PELV system	3.26.2
person:	
instructed person, (electrically)	3.31
skilled person, (electrically)	3.30
ordinary person	3.32
potential grading	3.34
prospective touch voltage	3.8.2

Term	Subclause reference
protection:	
additional protection	3.1.3
basic protection	3.1.1
fault protection	3.1.2
protection by limitation of steady-state touch current and electric charge	3.27
protective barrier, (electrically)	3.13
protective bonding conductor	3.16.9
protective bonding terminal	3.16.3
protective conductor	3.16.4
protective conductor current	3.38
protective earthing	3.17.7
protective grounding (US)	
protective enclosure, (electrically)	3.14
protective-equipotential-bonding	3.16.1
protective impedance device	3.29
protective measure	3.45
protective obstacle, (electrically)	3.12
protective provision	3.44
protective screen, (electrically)	3.21
protective shield (US) , (electrically)	
protective screening, (electrically)	3.22
protective shielding (US) , (electrically)	
protective separation, (electrically)	3.24
reference earth	3.17.2
reference ground (US)	
reinforced insulation	3.10.4
screen, (conductive)	3.20
screen, protective	3.21
screening, protective	3.22
SELV system	3.26.1
separation	
electrical separation	3.25
(electrically) protective separation	3.24
simple separation	3.23
shield, (conductive) (US)	3.20
shield, protective (US)	3.21
shielding, protective (US)	3.22
shock, electric	3.1
single fault condition	3.1.4
skilled person, (electrically)	3.30
stationary equipment	3.37
step voltage	3.33

Term	Subclause reference
supplementary insulation	3.10.2
system	3.39
terminal	
equipotential bonding terminal	3.16.2
protective bonding terminal	3.16.3
touch current	3.9
limitation of steady-state touch current and electric charge (protection by)	3.27
touch voltage	3.8
(effective) touch voltage	3.8.1
prospective touch voltage	3.8.2
voltage	
impulse withstand voltage	3.42
step voltage	3.33
touch voltage	3.8

Annex C (informative)

List of notes concerning certain countries

Country	Clause N°	Nature (permanent or less permanent according to IEC Directives)	Rationale (detailed justification for the requested country note)	Wording
PT	3.1.1			In Portugal for low-voltage installations, systems and equipment, basic protection generally corresponds to protection against direct contact.
PT	3.1.2			In Portugal for low-voltage installations, systems and equipment fault protection generally corresponds to protection against indirect contact.
AT	6.5	permanent	long practical experiences and physical facts	– In Austria, in case of using a transformer as source for protection by electrical separation a safety isolating transformer complying with IEC 61558-2-6 is required. – In Austria, the protective-equipotential-bonding system needs not to be earthed. Under certain conditions, an intentional earthing of the interconnecting conductor or the exposed-conductive-parts of the current-using equipment is allowed.
IT	7.2			In Italy class 0 shall not be used for the design and manufacture of equipments.
US	7.3.5.1			In the USA, solid colour green is also used to indicate the terminal for connection to the protective conductor.

Bibliography

IEC 60050-195:1998, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 195: Earthing and protection against electric shock*
IEC 60050-195:1998/AMD1:2001

IEC 60050-351, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 351: Control technology*

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

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

IEC 60364-4-44:2007, *Low-voltage electrical installations – Part 4-44: Protection for safety – Protection against voltage disturbances and electromagnetic disturbances*

IEC 60364-6:2006, *Low-voltage electrical installations – Part 6: Verification*

IEC 60479 (all parts), *Effects of current on human beings and livestock*

IEC TS 60479-2:2007, *Effects of current on human beings and livestock – Part 2: Special aspects*

IEC 60601-1, *Medical electrical equipment – Part 1: General requirements for basic safety and essential performance*

IEC 61558-2-6, *Safety of transformers, reactors, power supply units and similar products for supply voltages up to 1 100 V – Part 2-6: Particular requirements and tests for safety isolating transformers and power supply units incorporating safety isolating transformers*

Additional non-cited references

IEC 60050-131, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 131: Circuit theory*

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

IEC TS 61936-2, *Power installations exceeding 1 kV a.c. and 1,5 kV d.c. – Part 2: d.c.*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	59
1 Domaine d'application	61
2 Références normatives	61
3 Termes et définitions	62
4 Règle fondamentale de protection contre les chocs électriques	73
4.1 Généralités	73
4.2 Conditions normales	73
4.3 Conditions de premier défaut	74
4.3.1 Généralités	74
4.3.2 Protection par des mesures de protection indépendantes	75
4.3.3 Protection par une mesure de protection renforcée	75
4.4 Protection complémentaire	75
4.5 Protection contre les brûlures électriques	75
4.6 Protection contre les effets physiologiques sans effet nocif pour la santé	76
4.6.1 Généralités	76
4.6.2 Réaction musculaire	76
4.6.3 Effets du courant de contact de décharge des charges électrostatiques	76
4.6.4 Effets thermiques	76
5 Mesures de protection (éléments de mesures de prévention)	77
5.1 Généralités	77
5.2 Mesures pour la protection principale	77
5.2.1 Généralités	77
5.2.2 Isolation principale	77
5.2.3 Barrières ou enveloppes de protection	77
5.2.4 Obstacles	78
5.2.5 Mise hors de volume d'accessibilité au toucher	78
5.2.6 Limitation de la tension	79
5.2.7 Limitation du courant de contact en régime établi et de l'énergie	79
5.2.8 Gradient de potentiel	80
5.2.9 Autres mesures pour la protection principale	80
5.3 Mesures de protection en cas de défaut	80
5.3.1 Généralités	80
5.3.2 Isolation supplémentaire	80
5.3.3 Liaison équipotentielle de protection	80
5.3.4 Protection par écran	82
5.3.5 Indication et déconnexion dans les installations et systèmes à haute tension	82
5.3.6 Coupure automatique de l'alimentation	82
5.3.7 Séparation simple (entre circuits)	83
5.3.8 Environnement non conducteur	83
5.3.9 Gradient de potentiel	83
5.3.10 Autres mesures pour la protection en cas de défaut	83
5.4 Mesures de protection renforcée	83
5.4.1 Généralités	83
5.4.2 Isolation renforcée	84
5.4.3 Séparation de protection entre circuits	84

5.4.4	Source à courant limité	84
5.4.5	Dispositif d'impédance de protection.....	84
5.4.6	Autres mesures pour la protection renforcée.....	85
5.5	Mesures pour la protection complémentaire	85
5.5.1	Protection complémentaire par dispositif de protection à courant différentiel résiduel (DDR) $I_{\Delta n} \leq 30 \text{ mA}$	85
5.5.2	Protection complémentaire par liaison équipotentielle supplémentaire	85
6	Mesures de prévention	85
6.1	Généralités	85
6.2	Protection par coupure automatique de l'alimentation	86
6.3	Protection par double isolation ou par isolation renforcée	86
6.4	Protection par liaison équipotentielle de protection	86
6.5	Protection par séparation électrique.....	86
6.6	Protection par environnement non conducteur (basse tension).....	87
6.7	Protection par schéma TBTS	87
6.8	Protection par schéma TBTP	87
6.9	Protection par limitation du courant de contact en régime établi et de la charge électrique	87
6.10	Protection complémentaire.....	88
6.10.1	Protection complémentaire par dispositif de protection à courant différentiel résiduel (DDR) $I_{\Delta n} \leq 30 \text{ mA}$	88
6.10.2	Protection complémentaire par liaison équipotentielle de protection supplémentaire	88
6.11	Protection par d'autres mesures.....	88
7	Coordination des matériels électriques et des mesures de protection dans une installation électrique.....	88
7.1	Généralités	88
7.2	Matériel de la classe 0	89
7.3	Matériel de classe I.....	89
7.3.1	Généralités	89
7.3.2	Isolement.....	89
7.3.3	Connexion au conducteur de protection	89
7.3.4	Surfaces accessibles de parties en matériau isolant	89
7.3.5	Connexion d'un conducteur de protection	90
7.4	Matériel de classe II.....	90
7.4.1	Généralités	90
7.4.2	Isolement.....	91
7.4.3	Equipotentialité de protection	91
7.4.4	Marquage	92
7.5	Matériel de classe III.....	92
7.5.1	Généralités	92
7.5.2	Tensions.....	92
7.5.3	Equipotentialité de protection	92
7.5.4	Marquage	92
7.6	Courants de contact, courants dans le conducteur de protection.....	93
7.6.1	Généralités	93
7.6.2	Courants de contact.....	93
7.6.3	Courants dans le conducteur de protection	93
7.6.4	Autres exigences	95
7.6.5	Autres effets	95

7.7	Distances de sécurité et distances d'isolement et signaux d'avertissement pour installations à haute tension.....	95
7.8	Mise à la terre pour des raisons fonctionnelles	96
8	Conditions spéciales d'exploitation et d'entretien	96
8.1	Généralités	96
8.2	Dispositifs à manœuvre manuelle et composants destinés à être remplacés manuellement	96
8.2.1	Généralités	96
8.2.2	Dispositifs destinés à être manœuvrés ou composants destinés à être remplacés par des personnes ordinaires dans des installations, systèmes et matériels à basse tension.....	96
8.2.3	Dispositifs destinés à être manœuvrés ou composants destinés à être remplacés par des personnes qualifiées ou averties	97
8.3	Valeurs électriques après sectionnement	98
8.4	Dispositifs de sectionnement	98
8.4.1	Généralités	98
8.4.2	Dispositifs de sectionnement en basse tension	98
8.4.3	Dispositifs de sectionnement en haute tension	99
Annexe A (informative) Étude des mesures de prévention mises en œuvre par des mesures de protection		101
Annexe B (informative) Index des termes.....		106
Annexe C (informative) Liste de notes concernant certains pays.....		110
Bibliographie.....		111
Figure A.1 – Mesures de prévention avec protection principale et protection en cas de défaut		102
Figure A.2 – Mesures de prévention avec des valeurs limitées de grandeurs électriques		103
Figure A.3 – Mesure de prévention: protection complémentaire (en plus de la protection principale et/ou de la protection en cas de défaut).....		105
Tableau 1 – Limites pour bandes de tension		74
Tableau 2 – Seuils de tension de contact pour réaction		76
Tableau 3 – Mise en œuvre des matériels dans une installation à basse tension		89
Tableau 4 – Courant maximal dans le conducteur de protection pour des fréquences jusqu'à 1 kHz		94
Tableau 5 – Courant maximal dans le conducteur de protection pour le courant continu		94
Tableau 6 – Tension de tenue aux chocs minimale des dispositifs de sectionnement par rapport à la tension nominale.....		99

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

PROTECTION CONTRE LES CHOCs ÉLECTRIQUES –
ASPECTS COMMUNS AUX INSTALLATIONS ET AUX MATÉRIELS

AVANT-PROPOS

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

La Norme internationale IEC 61140 a été établie par le comité d'études 64 de l'IEC: Installations électriques et protection contre les chocs électriques.

Cette quatrième édition annule et remplace la troisième édition parue en 2001 et l'Amendement 1:2004. Cette édition constitue une révision technique.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'édition précédente:

- a) Introduction du contenu de l'IEC 60449
- b) Meilleure distinction entre les dispositions et les mesures
- c) Prise en compte des effets autres que la fibrillation ventriculaire
- d) Introduction d'une protection complémentaire
- e) TBT définie comme partie intégrante de BT

- f) Dispositifs adaptés au sectionnement exigés pour la coupure automatique de l'alimentation (BT)
- g) Les exigences relatives au courant circulant dans le conducteur de protection ont été déplacées dans le corps du texte de la norme

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
64/2076/FDIS	64/2091/RVD

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

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

Elle a le statut d'une publication fondamentale de sécurité conformément au Guide IEC 104.

L'attention du lecteur est attirée sur le fait que l'Annexe C énumère tous les articles traitant des différences à caractère moins permanent inhérentes à certains pays, concernant le sujet de la présente norme.

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

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

PROTECTION CONTRE LES CHOCS ÉLECTRIQUES – ASPECTS COMMUNS AUX INSTALLATIONS ET AUX MATÉRIELS

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale est une publication fondamentale de sécurité avant tout destinée à être utilisée par les comités d'études lors de l'élaboration de normes conformément aux principes établis dans le Guide IEC 104 et le Guide ISO/IEC 51.

Elle n'est pas destinée à être utilisée seule.

Conformément au Guide 104, il est demandé aux comités d'études, lors de l'élaboration, de l'amendement ou de la révision de leurs publications, d'utiliser toute publication fondamentale de sécurité applicable, telle que l'IEC 61140.

La présente Norme internationale est applicable à la protection des personnes et des animaux d'élevage contre les chocs électriques. Elle est destinée à donner des principes fondamentaux et des exigences communes aux installations, aux systèmes et aux matériels électriques, ou nécessaires à leur coordination sans limitation en ce qui concerne l'amplitude de tension ou de courant, ou le type de courant, et pour des fréquences jusqu'à 1 000 Hz.

Certains articles dans la présente norme se réfèrent à des systèmes, installations et matériels à basse tension et à haute tension. Pour les besoins de la présente norme, la basse tension correspond à toute tension assignée jusqu'à et y compris 1 000 V en courant alternatif ou 1 500 V en courant continu. La haute tension correspond à toute tension assignée supérieure à 1 000 V en courant alternatif ou 1 500 V en courant continu.

Il convient de noter que, pour une conception et une sélection efficaces des mesures de prévention, il est nécessaire de considérer le type de tension qui peut survenir et sa forme d'onde, c'est-à-dire la tension en courant alternatif ou en courant continu, sinusoïdale, transitoire, à commande de phase, en courant continu superposé, ainsi qu'un éventuel mélange de ces formes. Les installations ou matériels peuvent influencer la forme d'onde de la tension, par exemple, au moyen d'onduleurs ou de convertisseurs. Les courants circulant dans des conditions normales de fonctionnement et dans des conditions de défaut dépendent de la tension décrite.

2 Références normatives

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

IEC 60038, *Tensions normales de la CEI*

IEC 60068 (toutes les parties), *Essais d'environnement*

IEC 60071-1, *Coordination de l'isolement – Partie 1: Définitions, principes et règles*

IEC 60071-2, *Coordination de l'isolement – Partie 2: Guide d'application*

IEC 60364-5-54:2011, *Installations électriques basse-tension – Partie 5-54: Choix et mise en œuvre des matériels électriques – Installations de mise à la terre et conducteurs de protection*

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

IEC 60445, *Principes fondamentaux et de sécurité pour les interfaces homme-machines, le marquage et l'identification – Identification des bornes de matériels, des extrémités de conducteurs et des conducteurs*

IEC TS 60479-1:2005, *Effets du courant sur l'homme et les animaux domestiques – Partie 1: Aspects généraux*

IEC TR 60479-5, *Effets du courant sur l'homme et les animaux domestiques – Partie 5: Valeurs des seuils de tension de contact pour les effets physiologiques*

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

IEC 60664 (toutes les parties), *Coordination de l'isolement des matériels dans les systèmes (réseaux) à basse tension*

IEC 60664-1:2007, *Coordination de l'isolement des matériels dans les systèmes (réseaux) à basse tension – Partie 1: Principes, exigences et essais*

IEC 60721 (toutes les parties), *Classification des conditions d'environnement*

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

IEC TS 61201:2007, *Utilisation des tensions limites conventionnelles de contact – Guide d'application*

IEC 62271-102, *Appareillage à haute tension – Partie 102: Sectionneurs et sectionneurs de terre à courant alternatif*

IEC Guide 104, *The preparation of safety publications and the use of basic safety publications and group safety publications* (disponible en anglais seulement)

ISO/IEC Guide 51:2014, *Aspects liés à la sécurité – Principes directeurs pour les inclure dans les normes*

3 Termes et définitions

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

NOTE Un index des définitions est donné à l'Annexe B.

3.1

choc électrique

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

Note 1 à l'article: Les effets physiologiques incluent, par exemple, la perception, les contractions musculaires et la tétanie, les difficultés respiratoires, les troubles de la fonction du cœur, l'immobilisation, l'arrêt cardiaque, l'arrêt respiratoire, les brûlures ou autres atteintes cellulaires.

Note 2 à l'article: Les effets physiologiques résultant de la FEM ne sont pas considérés dans la présente norme.

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-01-04, modifiée – "à travers le corps humain ou celui d'un animal d'élevage" remplace "à travers le corps humain ou celui d'un animal"; ajout de 2 Notes à l'article]

3.1.1

protection principale

protection contre les chocs électriques en l'absence de défaut

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-06-01]

3.1.2

protection en cas de défaut

protection contre les chocs électriques dans des conditions de premier défaut

[SOURCE: IEC 60050-195:1998/AMD1:2001, 195-06-02]

3.1.3

protection complémentaire

protection contre les chocs électriques en complément de la protection principale et/ou de la protection en cas de défaut

[SOURCE: IEC 60050-826:2004, 826-12-07, modifiée – “protection contre les chocs électriques” remplace “mesure de protection”]

3.1.4

condition de premier défaut

état dans lequel un moyen de protection contre les chocs électriques est défectueux ou un défaut est présent, ce qui peut entraîner un danger

Note 1 à l'article: Si une condition de premier défaut engendre une ou plusieurs autres conditions de défaut, toutes sont considérées comme une seule condition de premier défaut.

3.2

circuit électrique

ensemble de dispositifs ou de milieux dans lesquels peuvent circuler des courants électriques

Note 1 à l'article: Voir également l'IEC 60050-826:2004, 826-14-01 pour les installations électriques des bâtiments.

3.3

matériel électrique

matériel utilisé pour la production, la transformation, le transport, la distribution ou l'utilisation de l'énergie électrique, tel que machine, transformateur, appareillage, appareil de mesure, dispositif de protection, canalisation électrique, matériels d'utilisation

[SOURCE: IEC 60050-826:2004, 826-16-01]

3.4

partie active

partie conductrice destinée à être sous tension dans des conditions normales, y compris le conducteur de neutre ou le conducteur de point milieu, mais par convention, excepté le conducteur PEN, le conducteur PEM ou le conducteur PEL

Note 1 à l'article: La notion n'implique pas nécessairement un risque de choc électrique.

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-02-19, modifiée – “...conditions normales, y compris le conducteur de neutre ou le conducteur de point milieu” remplace “service normal, y compris le conducteur de neutre..”]

3.5

partie active dangereuse

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

Note 1 à l'article: En haute tension, une tension dangereuse peut être présente à la surface d'une isolation solide. Dans ce cas, la surface est considérée comme une partie active dangereuse.

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-06-05]

3.6

partie conductrice accessible

masse (dans une installation)

partie conductrice d'un matériel, susceptible d'être touchée, et qui n'est pas normalement sous tension mais peut le devenir lorsque l'isolation principale est défailante

Note 1 à l'article: Une partie conductrice d'un matériel électrique qui ne peut être mise sous tension que par l'intermédiaire d'une partie conductrice accessible qui est devenue sous tension, n'est pas considérée comme une partie conductrice accessible.

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-06-10]

3.7

élément conducteur étranger

partie conductrice ne faisant pas partie de l'installation électrique et susceptible d'introduire un potentiel électrique, généralement celui d'une terre locale

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-06-11]

3.8

tension de contact

3.8.1

tension de contact (effective)

tension de toucher effective

tension entre des parties conductrices touchées simultanément par une personne ou un animal d'élevage

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 d'élevage en contact électrique avec ces parties conductrices.

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-05-11, modifiée – “par une personne ou un animal d'élevage” remplace “une personne ou un animal”]

3.8.2

tension de contact présumée

tension de toucher présumée

tension apparaissant entre des parties conductrices simultanément accessibles quand ces parties conductrices ne sont pas touchées par une personne ou un animal d'élevage

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-05-09, modifiée – “par une personne ou un animal d'élevage” remplace “une personne ou un animal”]

3.9

courant de contact

courant électrique passant dans le corps humain ou dans le corps d'un animal d'élevage lorsque ce corps est en contact avec une ou plusieurs parties accessibles d'une installation ou de matériels

[SOURCE: IEC 60050-195:1998/AMD1:2001, 195-05-21, modifiée – “dans le corps d'un animal d'élevage” remplace “dans le corps d'un animal”]

3.10

isolement

ensemble des propriétés qui caractérisent l'aptitude d'une isolation à assurer sa fonction

Note 1 à l'article: Des exemples de propriétés pertinentes sont la résistance, la tension de claquage.

Note 2 à l'article: L'isolement peut être solide, liquide ou gazeux (par exemple l'air), ou une combinaison de ces formes.

[SOURCE: IEC 60050-151:2001, 151-15-42, modifiée – Ajout de Note 2 à l'article]

3.10.1

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 utilisée exclusivement à des fins fonctionnelles.

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-06-06]

3.10.2

isolation supplémentaire

isolation indépendante prévue, en plus de l'isolation principale, en tant que protection en cas de défaut

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-06-07]

3.10.3

double isolation

isolation comprenant à la fois une isolation principale et une isolation supplémentaire

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-06-08]

3.10.4

isolation renforcée

isolation des parties actives dangereuses assurant une protection contre les chocs électriques équivalente à celle d'une double isolation

Note 1 à l'article: L'isolation renforcée peut comporter plusieurs couches qui ne peuvent pas être soumises à essais séparément en tant qu'isolation principale ou isolation supplémentaire.

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-06-09, modifiée – suppression de "assurant un degré..."]

3.11

environnement non conducteur

disposition par laquelle une personne ou un animal d'élevage touchant une partie conductrice accessible qui est devenue une partie active dangereuse est protégée par l'impédance élevée de son environnement (par exemple murs et sols isolants) et par l'absence de parties conductrices mises à la terre

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-06-21, modifiée – "animal" remplacé par "animal d'élevage"]

3.12

obstacle de protection (électrique)

élément empêchant un contact fortuit entre un humain ou un animal d'élevage avec une partie active, mais ne s'opposant pas à un tel contact par une action délibérée

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-06-16, modifiée – "contact direct" remplacé par "contact" et introduction de "entre un humain ou un animal d'élevage avec une partie active"]

3.13

barrière de protection (électrique)

partie assurant la protection contre les contacts entre un humain ou un animal d'élevage avec une partie active dans toute direction habituelle d'accès

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-06-15, modifiée – "contact direct" remplacé par "contact" et introduction de "entre un humain ou un animal d'élevage avec une partie active"]

3.14

enveloppe de protection (électrique)

enveloppe électrique entourant les parties internes des matériels et empêchant, dans toutes les directions, l'accès à une partie active

Note 1 à l'article: De plus, une enveloppe procure généralement une protection contre les influences internes et externes, par exemple entrée de poussière ou d'eau, ou une protection contre les dommages mécaniques.

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-06-14, "modifiée – "parties actives dangereuses" remplacé par "une partie active" et ajout de la Note 1 à l'article]

3.15

volume d'accessibilité au toucher

zone s'étendant entre tout point de la surface où les personnes se tiennent et circulent habituellement, et la limite qu'une personne peut atteindre avec la main, dans toutes les directions, sans moyen auxiliaire

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-06-12]

3.16

liaison équipotentielle

mise en œuvre de liaisons électriques entre parties conductrices pour réaliser l'équipotentialité

Note 1 à l'article: L'efficacité d'une liaison équipotentielle peut dépendre de la fréquence du courant qui y circule.

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-01-10, modifiée – Ajout de la Note 1 à l'article]

3.16.1

liaison équipotentielle de protection

liaison équipotentielle réalisée à des fins de sécurité (par exemple, protection contre les chocs électriques)

Note 1 à l'article: Une liaison équipotentielle fonctionnelle est définie dans l'IEC 60050-195:1998, 195-01-16.

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-01-15, modifiée – introduction de "(par exemple, protection contre les chocs électriques)" et ajout de la Note 1 à l'article]

3.16.2

borne d'équipotentialité

borne dont un matériel ou un dispositif est muni, et destinée à être connectée électriquement au réseau de liaison équipotentielle

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-02-32]

3.16.3

borne d'équipotentialité de protection

borne destinée à des fins d'équipotentialité de protection

3.16.4

conducteur de protection

conducteur prévu à des fins de sécurité, par exemple protection contre les chocs électriques

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-02-09]

3.16.5

conducteur de mise à la terre de protection, PE

conducteur de protection prévu pour réaliser la mise à la terre de protection

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-02-11, modifiée – modification de l'intitulé du terme]

3.16.6

conducteur PEN

conducteur assurant à la fois les fonctions de conducteur de mise à la terre de protection et de conducteur de neutre

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-02-12]

3.16.7

conducteur PEM

conducteur assurant les fonctions de conducteur de mise à la terre de protection et de conducteur de point milieu

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-02-13]

3.16.8

conducteur PEL

conducteur assurant à la fois les fonctions de conducteur de mise à la terre de protection et de conducteur de ligne

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-02-14]

3.16.9

conducteur de liaison de protection

conducteur d'équipotentialité

conducteur de protection prévu pour réaliser une liaison équipotentielle de protection

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-02-10]

3.16.10

conducteur de ligne

DECONSEILLE: conducteur de phase

conducteur sous tension en service normal et capable de participer au transport ou à la distribution de l'énergie électrique, mais qui n'est ni un conducteur de neutre ni un conducteur de point milieu

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-02-08]

3.16.11

conducteur (de) neutre

conducteur relié électriquement au point neutre et pouvant contribuer à la distribution de l'énergie électrique

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-02-06]

3.17

terre

notion qui se réfère à la planète et à toute la matière dont elle est composée

3.17.1

mettre à la terre (verbe)

réaliser une liaison électrique entre la terre locale et un point donné d'un réseau, d'une installation ou d'un matériel

Note 1 à l'article: La liaison à la terre locale peut être:

- intentionnelle; ou
- non intentionnelle; ou
- accidentelle

et peut être permanente ou temporaire.

3.17.2

terre de référence

partie de la Terre considérée comme conductrice, dont le potentiel électrique est pris, par convention, égal à zéro, étant hors de la zone d'influence de toute installation de mise à la terre

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-01-01, modifiée – Note supprimée]

3.17.3

terre (locale)

partie de la Terre en contact électrique avec une prise de terre, et dont le potentiel électrique n'est pas nécessairement égal à zéro

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-01-03]

3.17.4

prise de terre

électrode de terre

partie conductrice pouvant être incorporée dans un milieu conducteur particulier, par exemple béton ou coke, en contact électrique avec la Terre

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-02-01]

3.17.5

conducteur de (mise à la) terre

conducteur assurant un chemin conducteur, ou une partie du chemin conducteur, entre un point donné d'un réseau, d'une installation ou d'un matériel et une prise de terre

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-02-03]

3.17.6

installation de mise à la terre

ensemble des liaisons électriques et dispositifs mis en œuvre dans la mise à la terre d'un réseau, d'une installation ou d'un matériel

Note 1 à l'article: Cela peut être une disposition locale limitée de prises de terre interconnectées en haute tension.

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-02-20, modifiée – Ajout de la Note 1 à l'article]

3.17.7

mise à la terre pour des raisons de protection

mise à la terre d'un ou plusieurs points d'un réseau, d'une installation ou d'un matériel pour des raisons de sécurité électrique

[SOURCE: IEC 60050-195:1998/AMD1:2001, 195-01-11]

3.17.8

mise à la terre pour des raisons fonctionnelles

mise à la terre d'un ou de plusieurs points d'un réseau, d'une installation ou d'un matériel pour des raisons autres que la sécurité électrique

[SOURCE: IEC 60050-195:1998/AMD1:2001, 195-01-13]

3.18

coupure automatique de l'alimentation

interruption d'un ou de plusieurs conducteurs de ligne provoquée par le fonctionnement automatique d'un dispositif de protection en cas de défaut

Note 1 à l'article: Cela ne signifie pas nécessairement l'interruption de tous les conducteurs du réseau d'alimentation.

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-04-10, modifiée – “in the event of a fault” remplace “in case of a fault” dans la définition anglaise et ajout de la Note 1 à l'article]

3.19

mesure de protection renforcée

mesure de protection dont la fiabilité n'est pas moindre que celle fournie par deux mesures de protection indépendantes

3.20

écran (conducteur)

partie conductrice qui enveloppe ou sépare des circuits électriques et/ou des conducteurs

[SOURCE: IEC 60050-195:1998/AMD1:2001, 195-02-38]

3.21

écran de protection (électrique)

écran conducteur utilisé pour séparer un circuit électrique et/ou des conducteurs des parties actives dangereuses

[SOURCE: IEC 60050-195:1998/AMD1:2001, 195-06-17]

3.22

protection (électrique) par écran

séparation de circuits électriques et/ou de conducteurs par rapport aux parties actives dangereuses par un écran de protection électrique relié au réseau de liaisons équipotentielles de protection et destiné à fournir une protection contre les chocs électriques

[SOURCE: IEC 60050-195:1998/AMD1:2001, 195-06-18]

3.23

séparation simple

séparation entre circuits électriques ou entre un circuit électrique et la terre locale par une isolation principale

[SOURCE: IEC 60050-826:2004, 826-12-28]

3.24

séparation de protection (électrique)

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

[SOURCE: IEC 60050-195:1998/AMD1:2001, 195-06-19]

3.25

séparation (électrique)

mesure de protection dans laquelle les parties actives dangereuses sont isolées de tous les autres circuits électriques et parties, de la terre locale et de tout contact

[SOURCE: IEC 60050-826:2004, 826-12-27]

3.26

très basse tension

TBT

toute tension ne dépassant pas la valeur maximale de la tension de contact présumée qui peut être maintenue indéfiniment dans des conditions spécifiées d'influences externes

3.26.1

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 des défauts de mise à la terre d'autres circuits électriques

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

[SOURCE: IEC 60050-826:2004, 826-12-31, modifiée – "premier défaut" remplace "défaut simple"]

3.26.2

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, à l'exception des 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 60050-826:2004, 826-12-32, modifiée – "premier défaut" remplace "défaut simple"]

3.27

protection par limitation du courant de contact en régime établi et de la charge électrique

protection contre les chocs électriques assurée par la conception des circuits ou des matériels (électriques), de telle façon que le courant en régime établi et la charge électrique soient limités au-dessous d'une valeur dangereuse, dans les conditions normales ou de défaut

[SOURCE: IEC 60050-826:2004, 826-12-34, modifiée – "courant permanent" remplacé par "courant de contact en régime établi"]

3.28

source à courant limité

appareil qui fournit de l'énergie électrique à un circuit électrique

- avec une séparation de protection vis-à-vis des parties actives dangereuses, et
- assurant que le courant de contact en régime établi et la charge sont limités à des niveaux non dangereux en fonctionnement normal ou dans des conditions de défaut

3.29

dispositif d'impédance de protection

composant ou ensemble de composants dont l'impédance et la conception limitent le courant de contact en régime établi et la charge à des niveaux non dangereux

[SOURCE: IEC 60050-826:2004, 826-12-35, modifiée – suppression de "sont telles qu'elles assurent la limitation ..."]

3.30

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 60050-195:1998/AMD1:2001, 195-04-01]

3.31

personne avertie (en électricité)

personne suffisamment informée ou surveillée par des personnes qualifiées en électricité pour lui permettre de percevoir les risques et d'éviter les dangers que peut présenter l'électricité

[SOURCE: IEC 60050-195:1998/AMD1:2001, 195-04-02]

3.32

personne ordinaire

personne qui n'est ni une personne qualifiée ni une personne avertie

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-04-03]

3.33

tension de pas

tension entre deux points de la surface de la Terre distants de 1 m

Note 1 à l'article: Cette distance de 1 m est considérée comme la longueur de l'enjambée d'une personne.

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-05-12, modifiée – suppression de "ce qui est considéré comme la longueur de l'enjambée d'une personne" et ajout de la Note 1 à l'article]

3.34

gradient de potentiel

contrôle du potentiel de la terre, plus particulièrement celui de la surface de la terre, au moyen de prises de terre

3.35

zone dangereuse

dans le cas de la haute tension, zone limitée par une distance minimale autour des parties actives dangereuses ne présentant pas une protection complète

Note 1 à l'article: L'entrée dans une zone dangereuse est considérée comme équivalente au contact avec des parties actives dangereuses.

3.36

courant de fuite

courant électrique qui, dans des conditions normales, s'écoule à travers un chemin électrique non prévu

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-05-15, modifiée – "non prévu" remplace "non désiré"]

3.37

matériel semi-fixe

matériel stationnaire

matériel installé à poste fixe ou matériel électrique non muni d'une poignée pour le transport et ayant une masse telle qu'il ne puisse pas être déplacé facilement

Note 1 à l'article: Cette masse est fixée à 18 kg au minimum dans les normes CEI relatives aux appareils électrodomestiques.

[SOURCE: IEC 60050-826:2004, 826-16-06, modifiée – "au minimum" ajoutée à la Note 1 à l'article]

3.38

courant dans le conducteur de protection

courant électrique apparaissant dans un conducteur de protection, tel que courant de fuite ou courant électrique dû à un défaut d'isolation

[SOURCE: IEC 60050-826:2004, 826-11-21]

3.39

système

ensemble d'éléments reliés entre eux, considéré comme un tout dans un contexte défini et séparé de son environnement

[SOURCE: IEC 60050-351:2013, 351-42-08, modifiée – Notes supprimées]

3.40

installation (électrique)

ensemble de matériels électriques associés ayant des caractéristiques coordonnées en vue d'une application donnée

[SOURCE: IEC 60050-826:2004, 826-10-01]

3.41

sectionnement

fonction destinée à assurer la mise hors tension et le maintien à une distance adéquate de toute source d'énergie électrique, pour des raisons de sécurité

3.42

tension de tenue aux chocs

valeur de crête d'une tension de choc, de forme et de polarité prescrites, qui ne provoque pas de claquage dans des conditions d'essai spécifiées

3.43

brûlure électrique

brûlure de la peau ou d'un organe, causée par le passage superficiel ou en profondeur d'un courant électrique

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-03-01]

3.44

mesure de protection

mesure indépendante destinée à assurer la protection contre les chocs électriques dans des conditions spécifiées

Note 1 à l'article: La mesure peut être un moyen, une technique, un dispositif ou un processus.

3.45

mesure de prévention

combinaison appropriée de mesures de protection pour la protection contre les chocs électriques

4 Règle fondamentale de protection contre les chocs électriques

4.1 Généralités

Un choc électrique est défini comme un effet physiologique résultant d'un courant électrique passant dans le corps humain ou le corps d'un animal d'élevage. L'effet physiologique peut être nuisible (par exemple, fibrillation ventriculaire, brûlures, asphyxie), voir 4.2 à 4.5, ou non nuisible (par exemple, réaction musculaire, perception), voir 4.6.

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

- ni dans les conditions normales (fonctionnement selon l'utilisation prévue, voir 3.6 du Guide ISO/IEC 51:2014, et absence de défaut),
- ni dans des conditions de premier défaut.

NOTE Les règles d'accessibilité pour les personnes ordinaires peuvent être différentes de celles pour les personnes qualifiées ou averties et peuvent aussi varier selon les produits et les emplacements.

Pour les installations, les systèmes et les matériels à haute tension, l'entrée dans une zone dangereuse est considérée comme équivalente au contact avec des parties actives dangereuses.

La protection dans des conditions normales (voir 4.2) est assurée par une protection principale. La protection dans des conditions de premier défaut (voir 4.3) est assurée par une protection en cas de défaut. La protection complémentaire est spécifiée comme faisant partie d'une mesure de prévention (voir 4.4), le cas échéant.

Les mesures de protection renforcée (voir 4.3.3) assurent la protection dans les types de conditions normales et de premier défaut.

4.2 Conditions normales

Afin de satisfaire à la règle fondamentale de protection contre les chocs électriques dans des conditions normales, une protection principale, comme spécifié dans la présente norme, est nécessaire.

Les exigences relatives aux mesures de protection principale sont données en 5.2.

Afin de définir les exigences pour les installations et matériels, les bandes suivantes sont spécifiées:

- Haute tension (HT)
lorsque la protection contre les chocs électriques est garantie par des mesures spéciales, en particulier des installations de mise à la terre.
- Basse tension (BT)

lorsque la protection contre les chocs électriques est garantie par une protection principale et en général également une protection en cas de défaut.

La très basse tension (TBT) fait partie de la bande BT.

Lorsque la TBT est appliquée, la protection en cas de défaut peut ne pas être nécessaire, et dans certaines conditions, une protection principale est fournie avec limitation de tension. Ces conditions incluent la zone de contact, l'humidité, la tension, le courant et autres conditions définies pour des applications particulières.

Le Tableau 1 spécifie les différentes limites de tension pour les bandes mentionnées ci-dessus.

Les valeurs dans le Tableau 1 sont basées sur les conditions suivantes:

- réseaux à courant alternatif:
 - pour les réseaux mis à la terre par les valeurs efficaces des tensions entre phase et terre et entre phases;
 - pour les réseaux isolés ou non efficacement mis à la terre, par la valeur efficace de la tension entre phases.
- réseaux à courant continu:
 - pour les réseaux mis à la terre par les valeurs des tensions entre phase et terre et entre phases;
 - pour les réseaux isolés ou non efficacement mis à la terre, par la valeur de la tension entre phases.

Tableau 1 – Limites pour bandes de tension

Bande de tension		courant alternatif	courant continu
HT		> 1 000 V	> 1 500 V
BT		≤ 1 000 V	≤ 1 500 V
	TBT	≤ 50 V	≤ 120 V

La limite supérieure de la TBT de 120 V en courant continu a été définie pendant de nombreuses années par convention. Cependant, différentes situations environnementales et de contact comme décrit dans l'IEC TS 60479-1 entraînent différentes valeurs de courant de contact, pour une tension donnée. De même, la forme du courant et le chemin parcouru dans le corps influencent fortement le niveau de danger. Par conséquent, il est demandé aux comités d'études de considérer très attentivement si une valeur TBT inférieure à 120 V en courant continu peut être nécessaire pour leur norme spécifique.

4.3 Conditions de premier défaut

4.3.1 Généralités

Les premiers défauts doivent être considérés si

- une partie active accessible, non dangereuse est devenue une partie active dangereuse (par exemple, en raison d'une défaillance de la limitation du courant de contact en régime établi et de la charge électrique), ou si
- une partie conductrice accessible qui n'est pas sous tension dans des conditions normales est devenue une partie active dangereuse (par exemple, en raison d'une défaillance entre l'isolation principale et les masses), ou si
- une partie active dangereuse est rendue accessible (par exemple, par défaillance mécanique d'une enveloppe).

Pour satisfaire à la règle fondamentale dans des conditions de premier défaut, une protection en cas de défaut est nécessaire, et dans certains cas une protection complémentaire. Cette protection peut être réalisée par

- une mesure de protection complémentaire, indépendante de la mesure de protection principale (voir 4.3.2), ou
- une mesure de protection renforcée (voir 4.3.3) qui assure à la fois une protection principale et une protection en cas de défaut,

en prenant en compte toutes les influences appropriées.

Des exigences relatives aux mesures de protection en cas de défaut sont données en 5.3.

4.3.2 Protection par des mesures de protection indépendantes

Chacune des mesures de protection indépendantes doit être conçue de manière qu'une défaillance ne soit pas susceptible de se produire dans les conditions spécifiées par le comité d'études approprié.

Les mesures de protection indépendantes ne doivent pas avoir d'influence l'une sur l'autre de manière que la défaillance de l'une puisse rendre l'autre inopérante.

La défaillance simultanée des mesures de protection indépendantes est improbable et il n'est normalement pas nécessaire de la prendre en compte. La confiance repose sur les mesures de protection non affectées demeurant effectives.

4.3.3 Protection par une mesure de protection renforcée

Les propriétés d'une mesure de protection renforcée doivent être telles que l'efficacité de cette protection soit la même que celle réalisée par deux mesures de protection indépendantes. Les exigences pour des mesures de protection renforcée sont données en 5.4.

4.4 Protection complémentaire

Si l'utilisation prévue implique un risque inhérent accru, par exemple, pour des emplacements présentant un contact à faible impédance des personnes avec le potentiel de terre, les comités d'études doivent considérer la nécessité éventuelle de spécifier une protection complémentaire. Une telle protection complémentaire peut être prévue dans l'installation, le système ou le matériel.

Les exigences relatives à la protection complémentaire sont données en 5.5.

Les conditions de premier défaut résultant d'une ou plusieurs défaillances consécutives doivent être considérées comme condition de premier défaut.

4.5 Protection contre les brûlures électriques

Les comités d'études doivent définir dans leurs normes des mesures pour assurer une protection contre les brûlures électriques.

Une brûlure électrique peut être provoquée lorsqu'un courant d'une densité et d'une durée suffisantes traverse le corps humain ou un animal d'élevage. Les arcs peuvent également provoquer des brûlures.

Les effets peuvent être graves même si uniquement une partie infime du corps est touchée.

NOTE 1 Des brûlures profondes et autres blessures internes, ou brûlures en surface peuvent se produire.

NOTE 2 Des informations techniques sur les brûlures électriques peuvent être consultées dans l'IEC TS 60479-1 et la technique de mesure peut être consultée dans l'IEC 60990 pour de nombreux cas.

4.6 Protection contre les effets physiologiques sans effet nocif pour la santé

4.6.1 Généralités

Les comités d'études doivent considérer si les effets suivants doivent être pris en compte dans leurs normes.

Le courant circulant dans le corps humain sans avoir d'effet nocif direct peut provoquer des situations qui sont peu pratiques ou dangereuses (par exemple, résultats d'une réaction de tressaillement).

Ceci peut concerner le seuil de perception ou le seuil de douleur ou la sensation de chaleur.

4.6.2 Réaction musculaire

Les contractions musculaires involontaires sont susceptibles de se produire, lorsque les courants traversant le corps humain ou un animal d'élevage circulent dans la plage des zones AC-2 des zones de temps/courant, pour le courant alternatif 15 Hz à 100 Hz, et dans la plage des zones DC-2 des zones de temps/courant, pour le courant continu conformément à l'IEC TS 60479-1.

Pour le courant alternatif avec une fréquence inférieure à 100 Hz ou pour un courant continu avec ondulation ne dépassant pas 10 %, le seuil de tension de contact pour réaction ne doit pas dépasser les valeurs données dans le Tableau 2:

Tableau 2 – Seuils de tension de contact pour réaction

Type de réaction	Seuil de tension
Réaction de tressaillement	2 V en courant alternatif ou 8 V en courant continu
Réaction musculaire	20 V en courant alternatif ou 40 V en courant continu

Ces valeurs du Tableau 2 sont définies pour des conditions sèches et une zone de contact de 35 cm².

Si d'autres conditions d'environnement telles que imbibé d'eau salée, imbibé d'eau ou immergé, sont considérées, ces valeurs peuvent être réduites, en fonction également du chemin parcouru par le courant dans le corps.

4.6.3 Effets du courant de contact de décharge des charges électrostatiques

Les réactions de tressaillement sont susceptibles de se produire lorsque les courants résultant d'une décharge électrostatique circulent dans le corps humain ou un animal d'élevage.

4.6.4 Effets thermiques

Une sensation de chaleur peut être observée, lorsque même de faibles valeurs de courant circulent dans le corps humain ou un animal d'élevage. L'effet peut être plus évident à des fréquences plus élevées.

Des effets comme l'augmentation de la pression artérielle, l'immobilisation, les troubles de formation et la conduction d'impulsions cardiaques (notamment les troubles de fibrillation auriculaire et de rythme transitoire) peuvent se produire.

5 Mesures de protection (éléments de mesures de prévention)

5.1 Généralités

Les Paragraphes 5.2 à 5.5 donnent une vue d'ensemble des différentes mesures de protection. Les mesures de prévention résultent d'une combinaison appropriée d'entre elles. La structure des mesures de prévention types est décrite dans l'Article 6.

Toutes les mesures de protection doivent être conçues et construites pour être effectives pendant la durée de vie anticipée de l'installation, du système ou du matériel lorsqu'ils sont utilisés de manière prévue et entretenus de manière appropriée.

L'environnement doit être pris en compte en utilisant la classification des influences externes décrites dans la série IEC 60721 et pour les essais, dans la série IEC 60068. L'attention est particulièrement attirée sur la température ambiante, les conditions climatiques, la présence d'eau, les contraintes mécaniques, la compétence des personnes et la surface de contact des personnes ou des animaux d'élevage avec le potentiel de terre.

Les comités d'études doivent prendre en compte les exigences relatives à la coordination de l'isolement. Pour les installations, les systèmes et les matériels à basse tension, ces exigences sont définies dans la série IEC 60664 qui donne aussi des règles pour le dimensionnement des distances d'isolement (dans l'air) et des lignes de fuite, ainsi que des lignes directrices de dimensionnement de l'isolation solide. Pour les installations, systèmes et matériels à haute tension, les exigences sont données dans l'IEC 60071-1 et l'IEC 60071-2.

5.2 Mesures pour la protection principale

5.2.1 Généralités

La protection principale doit comprendre une ou plusieurs mesures qui, dans des conditions normales, empêchent tout contact avec les parties actives dangereuses.

NOTE Les peintures, vernis, laques et produits analogues ne sont en général pas considérés comme constituant une isolation suffisante pour la protection contre les chocs électriques en utilisation normale.

Les Paragraphes 5.2.2 à 5.2.9 spécifient des mesures individuelles pour la protection principale.

5.2.2 Isolation principale

5.2.2.1 Lorsqu'une isolation principale solide est utilisée, elle doit empêcher tout contact avec des parties actives dangereuses.

En cas d'installations et de matériels à haute tension, une tension peut être présente à la surface de l'isolation solide et des précautions supplémentaires doivent être considérées.

5.2.2.2 Lorsque l'isolation principale est assurée par l'air, l'accès aux parties actives dangereuses ou à une zone dangereuse doit être empêché par des obstacles, des barrières ou des enveloppes de protection comme spécifié en 5.2.3 et 5.2.4, ou par mise hors de volume d'accessibilité au toucher comme spécifié en 5.2.5.

5.2.3 Barrières ou enveloppes de protection

5.2.3.1 Les barrières ou les enveloppes de protection doivent empêcher:

- dans le cas des installations et matériels à basse tension, l'accès aux parties actives dangereuses en assurant un degré de protection contre les chocs électriques d'au moins IPXXB ou IP2X de l'IEC 60529 et, pour les surfaces supérieures horizontales facilement accessibles des barrières ou des enveloppes de protection, un degré de protection d'au moins IPXXD ou IP4X

- dans le cas des installations et matériels à haute tension, l'accès à une zone dangereuse en assurant un degré de protection d'au moins IPXXB ou IP2X de l'IEC 60529, et il doit être considéré d'assurer un degré de protection d'au moins IPXXD ou IP4X pour les surfaces supérieures horizontales facilement accessibles des barrières ou des enveloppes de protection.

NOTE Le code IP s'applique aux enveloppes du matériel électrique dont la tension assignée ne dépasse pas 72,5 kV.

5.2.3.2 Les barrières ou les enveloppes de protection doivent présenter une tenue mécanique, une stabilité et une durabilité suffisantes pour maintenir le degré spécifié de protection, en tenant compte de toutes les influences appropriées internes et externes à l'enveloppe. Elles doivent être solidement fixées.

5.2.3.3 Lorsque la conception ou la construction permet l'enlèvement des barrières de protection, l'ouverture des enveloppes ou l'enlèvement de parties des enveloppes, l'accès aux parties actives dangereuses ou à une zone dangereuse ne doit être possible que dans les conditions suivantes:

- usage d'une clé ou d'un outil, ou
- lorsque, après interruption de l'alimentation des parties actives dangereuses et lorsque l'enveloppe n'assure plus la protection, le rétablissement de l'alimentation ne doit être possible qu'après la remise en place des barrières de protection ou des parties des enveloppes ou la fermeture de portes, ou
- lorsqu'une barrière intermédiaire maintient le degré de protection exigé, elle ne peut être enlevée qu'à l'aide d'une clé ou d'un outil.

NOTE Voir aussi l'Article 8.

5.2.4 Obstacles

5.2.4.1 Les obstacles sont destinés à protéger les personnes qualifiées ou averties, mais il n'est pas admis de les utiliser pour protéger les personnes ordinaires.

5.2.4.2 Lors du fonctionnement de l'installation, du système ou du matériel dans des conditions particulières de fonctionnement et d'entretien (voir Article 8), les obstacles doivent empêcher:

- dans le cas d'installations et de matériels à basse tension, tout contact non intentionnel avec des parties actives dangereuses, ou
- dans le cas d'installations et de matériels à haute tension, tout accès non intentionnel à une zone dangereuse.

5.2.4.3 Les obstacles peuvent être démontables sans l'aide d'une clé ou d'un outil; ils doivent cependant être fixés de manière à empêcher tout enlèvement involontaire.

5.2.4.4 Lorsqu'un obstacle conducteur n'est séparé des parties actives dangereuses que par une isolation principale, il est considéré comme une masse et des mesures de protection en cas de défaut (voir Article 6) doivent également être prises.

5.2.5 Mise hors de volume d'accessibilité au toucher

5.2.5.1 Lorsque les mesures spécifiées en 5.2.2, 5.2.3, 5.2.4, 5.2.6 et 5.2.7 s'avèrent non applicables, la mise hors du volume d'accessibilité au toucher peut être appropriée pour empêcher

- dans le cas d'installations et de matériels à basse tension, un accès non intentionnel et simultané à des parties conductrices entre lesquelles une tension dangereuse peut apparaître,
- dans le cas d'installations et de matériels à haute tension, tout accès non intentionnel à une zone dangereuse.

Des indications doivent être spécifiées par les comités d'études.

Dans des installations à basse tension, des parties séparées par une distance de plus de 2,5 m sont normalement considérées comme des parties non simultanément accessibles. Lorsque l'accès est limité à des personnes qualifiées ou averties, des distances réduites peuvent être spécifiées.

5.2.5.2 Lorsqu'une distance est censée être réduite par des objets utilisés ou tenus par une personne, tels qu'un outil ou une échelle, les comités d'études doivent spécifier les restrictions appropriées ou indiquer une distance adéquate des parties conductrices entre lesquelles une tension dangereuse peut apparaître.

5.2.6 Limitation de la tension

La protection principale par limitation de la tension est assurée lorsque les deux conditions suivantes sont remplies:

a) la tension de contact ne dépasse en aucun cas:

- 1) 25 V en courant alternatif (valeur efficace) ou 60 V en courant continu (sans ondulation), lorsque les matériels sont normalement utilisés dans des endroits secs uniquement et lorsqu'aucun contact étendu des parties actives avec le corps humain ne doit être prévu;
- 2) 6 V en courant alternatif (valeur efficace) ou 15 V en courant continu (sans ondulation) dans tous les autres cas;

b) le niveau de sécurité est équivalent à celui pour TBTS ou TBTP et fourni par l'une des sources suivantes:

- 1) un transformateur de sécurité;

NOTE Les transformateurs de sécurité sont ceux qui satisfont à l'IEC 61558-2-6.

- 2) une source de courant assurant un degré de sécurité équivalent à celui d'un transformateur de sécurité (par exemple, générateur de moteur);
- 3) électrochimique (par exemple, batterie).

Il doit être admis que la valeur précise de cette limite de tension dépend d'un grand nombre de facteurs d'influence (par exemple, conditions d'environnement, surface de contact).

5.2.7 Limitation du courant de contact en régime établi et de l'énergie

La limitation du courant de contact en régime établi et de l'énergie est une disposition garantissant que les courants de contact ou l'énergie sont limités à des valeurs non dangereuses.

Elle doit empêcher les personnes ou les animaux d'élevage d'être soumis à des valeurs de courant de contact en régime établi et d'énergie susceptibles d'être supérieures aux valeurs indiquées dans l'Article 5.

a) Pour le courant de contact, les valeurs suivantes sont proposées:

- un courant en régime établi circulant entre des parties conductrices simultanément accessibles ne dépassant pas le seuil de perception 0,5 mA en courant alternatif ou 2 mA en courant continu dans des conditions normales de fonctionnement;
- les valeurs ne dépassant pas le seuil de douleur 3,5 mA en courant alternatif ou 10 mA en courant continu peuvent être spécifiées dans des conditions anormales ou de défaut.

b) Pour l'énergie stockée disponible entre les parties conductrices simultanément accessibles, les valeurs suivantes sont proposées selon la Figure 19 de l'IEC TS 60479-2:2007:

- 0,5 mJ correspondant au seuil de douleur; et
- 5 µJ correspondant au seuil de perception.

Des valeurs pour d'autres fréquences, pour d'autres formes d'ondes et pour le courant alternatif avec courant continu superposé sont correctement considérées lorsqu'elles sont mesurées avec le circuit de courant de contact filtré approprié défini dans l'IEC 60990.

NOTE Les matériels électromédicaux du domaine d'application de la série IEC 60601 peuvent nécessiter d'autres valeurs.

5.2.8 Gradient de potentiel

Dans le cas d'installations et de matériels à haute tension, le gradient de potentiel doit empêcher l'apparition de tensions de pas et de tensions de contact dangereuses pour les personnes ou les animaux d'élevage dans des conditions normales en prévoyant une prise de terre de gradient de potentiel.

NOTE Le gradient de potentiel est utilisé typiquement pour les réseaux et postes ferroviaires électriques où des courants élevés à la terre existent.

5.2.9 Autres mesures pour la protection principale

Les autres mesures éventuelles pour la protection principale doivent satisfaire aux exigences de 4.1 pour la protection contre les chocs électriques.

5.3 Mesures de protection en cas de défaut

5.3.1 Généralités

La protection en cas de défaut doit comprendre une ou plusieurs mesures indépendantes et supplémentaires à celles pour la protection principale.

Les paragraphes 5.3.2 à 5.3.9 donnent des mesures individuelles de protection en cas de défaut.

5.3.2 Isolation supplémentaire

L'isolation supplémentaire est une mesure où la protection en cas de défaut est assurée par une isolation en plus de l'isolation principale.

L'isolation supplémentaire doit être dimensionnée pour résister aux mêmes contraintes que celles spécifiées pour l'isolation principale.

5.3.3 Liaison équipotentielle de protection

5.3.3.1 Généralités

La liaison équipotentielle de protection représente une mesure où les éléments sont liés ensemble pour éviter les tensions de contact dangereuses.

Le réseau de liaisons équipotentielles de protection doit comprendre une des mesures suivantes ou une combinaison appropriée de deux ou plus de ces mesures:

- liaison équipotentielle de protection dans les matériels, voir Article 7;
- mise à la terre ou non de la liaison équipotentielle de protection dans l'installation;
- conducteur de protection (PE);
- conducteur PEN, PEL ou PEM;
- écran de protection;
- point de la source ou neutre artificiel mis à la terre;
- prise de terre (y compris les prises de terre de gradient de potentiel);
- conducteur de terre.

Pour une installation ou un système à haute tension, le réseau équipotentiel doit être mis à la terre en raison des risques particuliers qui peuvent être présents, par exemple, le danger dû à des tensions de contact et de pas élevées ou des masses devenant actives du fait d'une décharge électrique. L'impédance de terre de l'installation de mise à la terre doit être assignée de manière qu'aucune tension de contact dangereuse ne puisse apparaître. Les masses qui peuvent devenir actives lors de défauts doivent être reliées à l'installation de mise à la terre.

5.3.3.2 Les parties conductrices accessibles qui peuvent présenter une tension de contact effective dangereuse en cas de défaillance de la protection principale, c'est-à-dire des masses et tout écran de protection, doivent être reliées au réseau de liaisons équipotentielles de protection.

NOTE Une partie conductrice d'un matériel électrique qui ne peut être mise sous tension que par l'intermédiaire d'une masse devenue sous tension n'est pas considérée comme une masse en soi.

5.3.3.3 Le réseau de liaisons équipotentielles de protection doit présenter une impédance suffisamment faible pour empêcher toute différence de potentiel dangereuse entre parties conductrices en cas de défaillance de l'isolation. Si nécessaire, le réseau de liaisons équipotentielles de protection doit être utilisé en association avec un dispositif de protection fonctionnant par courant de défaut (voir 5.3.6). La différence maximale de potentiel et sa durée doivent se fonder sur l'IEC TR 60479-5.

Cela peut nécessiter l'étude des valeurs relatives d'impédance des divers éléments d'un réseau de liaisons équipotentielles de protection.

Il n'est pas nécessaire de prendre en compte la différence de potentiel si l'impédance du circuit limite le courant de contact en régime établi dans le cas d'un premier défaut d'une telle manière qu'il ne puisse pas dépasser 3,5 mA (valeur efficace) en courant alternatif ou 10 mA en courant continu lors de mesurages effectués conformément à l'IEC 60990.

Dans certains environnements ou certaines situations, par exemple, emplacements médicaux (voir les valeurs limites dans l'IEC 60601-1), emplacements très conducteurs, zones humides et emplacements analogues, il est nécessaire de diminuer les valeurs limites.

5.3.3.4 Toutes les parties du réseau de liaisons équipotentielles de protection doivent être dimensionnées pour que les contraintes thermiques et dynamiques susceptibles d'apparaître ne dégradent pas les caractéristiques du réseau de liaisons équipotentielles de protection, par exemple comme conséquence d'une défaillance ou d'un claquage de l'isolation principale.

5.3.3.5 Toutes les parties du réseau de liaisons équipotentielles de protection doivent être capables de résister à toutes les influences internes et externes (y compris mécaniques, thermiques et corrosives) qui peuvent être prévues.

5.3.3.6 Les connexions conductrices mobiles, par exemple charnières et glissières, ne doivent pas être considérées comme appartenant à un réseau de liaisons équipotentielles de protection sauf si la conformité aux exigences de 5.3.3.3, 5.3.3.4 et 5.3.3.5 est maintenue.

5.3.3.7 Lorsqu'un composant d'une installation, d'un système ou d'un matériel est prévu pour être enlevé, la liaison équipotentielle de protection pour toute autre partie de l'installation, du système ou du matériel ne doit pas être interrompue lors de l'enlèvement du composant sauf si l'alimentation électrique de l'autre partie est d'abord interrompue.

5.3.3.8 Avec l'exception indiquée en 5.3.3.9, aucun élément du réseau de liaisons équipotentielles de protection ne doit comprendre de dispositif raisonnablement susceptible d'interrompre la continuité électrique ou d'introduire une impédance significative.

Cette exigence peut être omise par les comités d'études pour la vérification de la continuité des conducteurs de protection ou pour la mesure du courant dans le conducteur de protection.

5.3.3.9 Lorsque des éléments du réseau de liaisons équipotentielles de protection peuvent être interrompus par le même coupleur ou socle de prise de courant que les conducteurs

d'alimentation correspondants, le réseau de liaisons équipotentielle de protection ne doit pas être interrompu avant les conducteurs d'alimentation. La liaison équipotentielle de protection doit être rétablie avant que les conducteurs d'alimentation soient de nouveau connectés. Ces exigences ne sont pas applicables lorsque l'interruption et la reconnexion ne sont possibles que lorsque le matériel est hors tension.

Dans les installations, systèmes et matériels à haute tension, le réseau de liaisons équipotentielle de protection ne doit pas être interrompu avant que le contact principal n'ait atteint la distance d'isolement, qui peut permettre au matériel de supporter une tension assignée de tenue aux chocs.

5.3.3.10 Les conducteurs du réseau de liaisons équipotentielle de protection, isolés ou nus, doivent être aisément reconnaissables par leurs forme, emplacement, marquage ou couleur, à l'exception des conducteurs qui ne peuvent être déconnectés sans destruction, par exemple, connexions enroulées et câblages similaires dans les matériels électroniques et les pistes de cartes imprimées. Si l'identification par la couleur est utilisée, elle doit être conforme à l'IEC 60445.

Les conducteurs utilisés uniquement pour la mise à la terre pour des raisons fonctionnelles ne doivent pas avoir d'isolation de couleur verte et jaune.

5.3.4 Protection par écran

La protection par écran doit comprendre un écran conducteur interposé entre les parties actives dangereuses d'une installation, d'un système ou d'un matériel et la partie protégée. L'écran de protection

- doit être relié au réseau de liaisons équipotentielle de protection de l'installation, du système ou du matériel et cette interconnexion doit satisfaire aux exigences de 5.3.3, et
- doit satisfaire lui-même aux exigences concernant les éléments du réseau de liaisons équipotentielle de protection; voir 5.3.3.3, 5.3.3.4 et 5.3.3.5.

5.3.5 Indication et déconnexion dans les installations et systèmes à haute tension

Un dispositif indiquant les défauts doit être prévu. En fonction du mode de mise à la terre du conducteur de neutre, le courant de défaut doit être interrompu soit manuellement, soit automatiquement (voir 5.3.6). La valeur admissible de la tension de contact dépendant de la durée du défaut doit être spécifiée par les comités d'études sur la base de l'IEC TS 60479-1.

5.3.6 Coupure automatique de l'alimentation

5.3.6.1 Généralités

Pour réaliser la coupure automatique de l'alimentation

- un réseau de liaisons équipotentielle de protection doit être prévu, et
- un dispositif de protection actionné par le courant de défaut doit couper le ou les conducteurs de ligne de l'alimentation du matériel, du système ou de l'installation, en cas de défaut d'impédance négligeable entre un conducteur de ligne et une masse ou un conducteur de protection dans le circuit ou le matériel.

Pour les applications à basse tension, les dispositifs de protection contre les chocs électriques par coupure automatique de l'alimentation doivent être adaptés à un sectionnement selon 8.4. Pour la haute tension, voir 8.4.3.

5.3.6.2 Le dispositif de protection doit interrompre le courant de défaut en un temps spécifié par les comités d'études sur la base de la série IEC 60479. Pour les installations à basse tension, ce temps dépend de la tension de contact présumée dans la liaison équipotentielle de protection.

Pour des courants de défaut en régime établi qui, en ce qui concerne la protection contre les chocs électriques, n'aboutissent pas nécessairement à une coupure, une limite de tension de contact conventionnelle U_L peut être spécifiée.

5.3.6.3 Le dispositif de protection peut être prévu en tout emplacement en amont approprié de l'installation, du système ou du matériel, de préférence à l'origine du circuit à protéger, et doit être choisi en prenant en compte les caractéristiques de l'alimentation et de la charge, et de l'impédance de la boucle de courant de défaut.

5.3.7 Séparation simple (entre circuits)

La séparation simple entre un circuit et d'autres circuits ou la terre doit être réalisée par une isolation principale sur tout le circuit et être assignée pour la tension présente la plus élevée.

Un composant relié entre les circuits séparés doit résister aux contraintes électriques spécifiées pour l'isolement qu'il court-circuite et son impédance doit limiter l'écoulement du courant présumé à travers le composant aux valeurs de courant de contact en régime établi indiquées en 5.2.7.

5.3.8 Environnement non conducteur

L'environnement doit présenter une impédance vis-à-vis de la terre d'au moins

- 50 k Ω si la tension nominale du réseau n'est pas supérieure à 500 V en courant alternatif ou continu;
- 100 k Ω si la tension nominale du réseau est supérieure à 500 V en courant alternatif ou continu et inférieure à 1 000 V en courant alternatif ou 1 500 V en courant continu.

NOTE 1 Des méthodes de mesure de la résistance d'isolement des parois et des planchers sont indiquées à l'Annexe A de l'IEC 60364-6: 2006.

NOTE 2 Les valeurs d'impédance pour HT ne sont pas considérées car cette mesure de prévention n'est pas utilisée.

5.3.9 Gradient de potentiel

Pour réduire la tension de contact et la tension de pas présentes en cas de défaut, l'installation de prises de terre complémentaires pour assurer le gradient de potentiel peut être utilisée.

NOTE Les prises de terre sont généralement enfouies à une distance horizontale de 1 m des matériels ou de toute partie conductrice et à une profondeur de 0,5 m sous le niveau du sol, et sont connectées à l'installation de mise à la terre.

5.3.10 Autres mesures pour la protection en cas de défaut

Les autres mesures éventuelles pour la protection en cas de défaut doivent satisfaire aux exigences de 4.1 pour la protection contre les chocs électriques.

5.4 Mesures de protection renforcée

5.4.1 Généralités

Une mesure de protection renforcée doit assurer à la fois une protection principale et une protection en cas de défaut.

Les paragraphes 5.4.2 à 5.4.6 spécifient ce type de mesures renforcées.

Des dispositions doivent être prises pour que la protection assurée par une mesure de protection renforcée ne soit pas susceptible d'être endommagée et qu'un défaut unique ne puisse pas apparaître.

5.4.2 Isolation renforcée

Une isolation renforcée doit être conçue pour pouvoir résister aux contraintes électriques, thermiques, mécaniques et d'environnement avec la même fiabilité de protection que celle fournie par une double isolation (isolation principale et isolation supplémentaire, voir 3.10.1 et 3.10.2, respectivement).

Cela nécessite des paramètres de conception et d'essais plus sévères que ceux d'une isolation principale (voir IEC 60664-1).

NOTE 1 Par exemple, pour des applications à basse tension, lorsque le concept des catégories de surtensions (voir Article 443 de l'IEC 60364-4-44:2007) est applicable, le dimensionnement d'une isolation renforcée vis-à-vis d'une tension de choc est spécifié pour satisfaire aux exigences de la catégorie de surtensions immédiatement supérieure à celle prévue pour une isolation principale.

NOTE 2 L'isolation renforcée est principalement utilisée dans des installations et matériels à basse tension, mais cela n'exclut pas son utilisation dans des installations et matériels à haute tension.

5.4.3 Séparation de protection entre circuits

Une séparation de protection entre un circuit et d'autres circuits doit être réalisée par

- une isolation principale et une isolation supplémentaire, chacune étant assignée pour la tension présente la plus élevée, c'est-à-dire, double isolation, ou
- une isolation renforcée (voir 5.4.2) assignée pour la tension présente la plus élevée, ou
- une protection par écran (voir 5.3.4) avec un écran de protection séparé de chaque circuit adjacent par une isolation principale assignée pour la tension du circuit adjacent (voir aussi 6.6), ou
- une combinaison de ces mesures.

Si des conducteurs du circuit séparé cheminent avec des conducteurs des autres circuits dans un câble multiconducteur ou dans un autre groupement de conducteurs, ils doivent être isolés individuellement ou collectivement, pour la tension présente la plus élevée, de manière à réaliser une double isolation.

Si un composant relie des circuits séparés, il doit satisfaire aux exigences des dispositifs d'impédance de protection, voir 5.4.5.

5.4.4 Source à courant limité

Une source à courant limité doit être conçue de sorte qu'elle ne puisse pas fournir de courants de contact de valeur supérieure aux valeurs limites indiquées en 5.2.7.

Les exigences de 5.2.7 sont aussi applicables pour toute défaillance susceptible d'apparaître dans un composant simple de la source à courant limité.

Il convient que les comités d'études concernés déterminent les valeurs limites.

5.4.5 Dispositif d'impédance de protection

Un dispositif d'impédance de protection doit limiter de façon sûre le courant de contact aux valeurs spécifiées en 5.2.7.

Le dispositif d'impédance de protection doit résister aux contraintes électriques indiquées pour l'isolement qu'il court-circuite.

Ces exigences sont aussi applicables pour toute défaillance susceptible d'apparaître dans un composant simple du dispositif d'impédance de protection.

5.4.6 Autres mesures pour la protection renforcée

Les autres mesures éventuelles de protection renforcée applicables à la fois à la protection principale et à la protection en cas de défaut doivent satisfaire aux exigences de 4.1 pour la protection contre les chocs électriques.

5.5 Mesures pour la protection complémentaire

5.5.1 Protection complémentaire par dispositif de protection à courant différentiel résiduel (DDR) $I_{\Delta n} \leq 30$ mA

Dans le cas de la basse tension, un DDR avec $I_{\Delta n} \leq 30$ mA est appliqué comme mesure de protection complémentaire où

- a) la protection principale est assurée par une des mesures de 5.2.2 (isolation principale) ou de 5.2.3 (barrières ou enveloppes de protection), et/ou
- b) la protection en cas de défaut est assurée par une des mesures de 5.3.3 (liaison équipotentielle de protection) et de 5.3.6 (coupure automatique de l'alimentation).

Cette mesure de protection est reconnue comme protection complémentaire en cas de défaut de fourniture de la protection principale et/ou de fourniture de la protection en cas de défaut, ou en cas de négligence par les utilisateurs.

Les dispositifs pour la protection complémentaire doivent débrancher les conducteurs actifs en fournissant une distance d'isolement selon 8.4.

Les contrôleurs d'isolement à courant différentiel résiduel (RCM)¹ ne sont pas considérés comme des dispositifs de protection.

5.5.2 Protection complémentaire par liaison équipotentielle supplémentaire

Une protection complémentaire par liaison équipotentielle supplémentaire représente une mesure où les tensions de contact dangereuses sont évitées par liaison des éléments.

La liaison équipotentielle supplémentaire est assurée comme mesure de protection complémentaire où

- a) la protection principale est assurée par une des mesures de 5.2.2 (isolation principale) ou de 5.2.3 (barrières ou enveloppes de protection), et
- b) la protection en cas de défaut est assurée par une mise à la terre pour des raisons de protection, une liaison équipotentielle de protection (5.3.3) et la coupure automatique en cas de défaut (5.3.6).

Cette mesure de protection aide à éviter les tensions dangereuses entre les masses et les éléments conducteurs étrangers qui peuvent être touchés simultanément.

6 Mesures de prévention

6.1 Généralités

L'Article 6 décrit la structure des mesures de prévention types, et indique dans certains cas la ou les mesures de protection qui s'appliquent à la protection principale, à la protection en cas de défaut et à la protection complémentaire.

¹ RCM = *residual current monitoring device*

Deux mesures de prévention suivantes ou plus (voir 6.2 à 6.11) peuvent être utilisées dans la même installation, le même système ou le même matériel, dans des conditions normales de fonctionnement et dans des conditions de premier défaut.

L'utilisation de TBT autres que celles définies en 6.7 et 6.8 ne constitue pas une mesure de prévention.

6.2 Protection par coupure automatique de l'alimentation

La coupure automatique de l'alimentation doit comprendre une combinaison des mesures de protection suivantes:

- la protection principale est assurée par une isolation principale, des barrières ou des enveloppes de protection entre les parties actives dangereuses et les masses; et
- la protection en cas de défaut est assurée par la coupure automatique de l'alimentation.

La coupure automatique de l'alimentation exige, selon 5.3.6, un réseau de liaisons équipotentielle de protection comme spécifié en 5.3.3. Les temps de coupure maximums correspondants peuvent être dérivés de l'IEC 60364-4-41.

6.3 Protection par double isolation ou par isolation renforcée

Mesure de prévention dans laquelle

- la protection principale est assurée par l'isolation principale des parties actives dangereuses et la protection en cas de défaut est assurée par une isolation supplémentaire,

ou

- la protection principale et la protection en cas de défaut sont assurées par une isolation renforcée entre les parties actives dangereuses et les parties accessibles (les parties conductrices accessibles et les surfaces accessibles des matériaux isolants).

6.4 Protection par liaison équipotentielle de protection

Mesure de prévention dans laquelle

- la protection principale est assurée par une isolation principale entre les parties actives dangereuses et les masses, et
- la protection en cas de défaut est assurée par un réseau de liaisons équipotentielles de protection pour empêcher l'apparition de tensions dangereuses entre des masses et des éléments conducteurs étrangers simultanément accessibles.

6.5 Protection par séparation électrique

La séparation électrique est réalisée lorsque les conditions suivantes sont satisfaites:

- la protection principale est assurée par une isolation principale entre les parties actives dangereuses et les masses du circuit séparé, et
- la protection en cas de défaut est assurée
 - par une séparation simple entre le circuit séparé d'une part et les autres circuits et la terre d'autre part, et
 - lorsque plusieurs matériels sont connectés au circuit séparé, par une liaison équipotentielle de protection reliée aux masses du circuit séparé. Ce réseau de liaisons équipotentielles de protection ne doit pas être mis à la terre.

Une liaison intentionnelle des masses à un conducteur de mise à la terre de protection ou à un conducteur de mise à la terre n'est pas admise.

NOTE La séparation électrique est principalement utilisée dans des installations et matériels à basse tension, mais cela n'exclut pas son utilisation dans des installations et matériels à haute tension.

6.6 Protection par environnement non conducteur (basse tension)

Mesure de prévention dans laquelle

- la protection principale est assurée par une isolation principale entre les parties actives dangereuses et les masses, et
- la protection en cas de défaut est assurée par un environnement non conducteur.

6.7 Protection par schéma TBTS

Mesure de prévention dans laquelle la protection est assurée par

- limitation de tension dans un circuit aux limites TBT comme défini dans le Tableau 1 (schéma TBTS) et
- séparation de protection entre le schéma TBTS et tous les circuits autres que TBTS et TBTP, et
- séparation simple entre le schéma TBTS et les autres schémas TBTS d'une part et entre les schémas TBTP et la terre d'autre part.

Une liaison intentionnelle des masses à un conducteur de protection ou à un conducteur de mise à la terre n'est pas admise.

Dans des emplacements spéciaux où la TBTS est exigée et où une protection par écran conforme à 5.3.4 est appliquée, l'écran de protection doit être séparé de chaque circuit adjacent par une isolation principale destinée à la tension présente la plus élevée.

6.8 Protection par schéma TBTP

Mesure de prévention dans laquelle la protection est assurée par:

- limitation de la tension dans un circuit aux limites TBT comme défini dans le Tableau 1 et le circuit qui peut être mis à la terre et/ou dont les masses peuvent être mises à la terre (schéma TBTP), et
- séparation de protection entre le schéma TBTP et tous les circuits autres que TBTS et TBTP.

Si le circuit TBTP est mis à la terre et si la protection par écran conforme à 5.3.4 est utilisée, il n'est pas nécessaire de prévoir une isolation principale entre l'écran de protection et le schéma TBTP.

NOTE Lorsque des parties actives du schéma TBTP sont accessibles simultanément avec des parties conductrices qui peuvent, en cas de défaut, être portées au potentiel du circuit primaire, la protection contre les chocs électriques dépend de la liaison équipotentielle de protection entre toutes ces parties conductrices.

6.9 Protection par limitation du courant de contact en régime établi et de la charge électrique

Mesure de prévention dans laquelle la protection est assurée par

- l'alimentation d'un circuit:
 - à partir d'une source à courant limité, ou
 - à travers un dispositif d'impédance de protection,

et

- une séparation de protection entre le circuit et les parties actives dangereuses.

6.10 Protection complémentaire

6.10.1 Protection complémentaire par dispositif de protection à courant différentiel résiduel (DDR) $I_{\Delta n} \leq 30$ mA

Un DDR avec $I_{\Delta n} \leq 30$ mA est utilisé en plus de

- la protection principale assurée par une isolation principale selon 5.2.2 ou 5.2.3, et/ou
- la protection en cas de défaut par l'une des mesures de 5.3.3, 5.3.6 ou 5.3.10.

Le DDR pour la protection complémentaire doit être adapté au sectionnement.

6.10.2 Protection complémentaire par liaison équipotentielle de protection supplémentaire

La liaison équipotentielle de protection supplémentaire est utilisée en plus de

- la protection principale assurée par une isolation principale entre les parties actives dangereuses et les masses, et
- la protection en cas de défaut par l'une des mesures de 5.3.2, 5.3.3 ou 5.3.10

en appliquant la liaison équipotentielle de protection pour éviter les tensions dangereuses entre les masses et les éléments conducteurs étrangers qui peuvent être touchés simultanément.

6.11 Protection par d'autres mesures

Toute autre mesure de prévention doit satisfaire aux exigences de 4.1 pour la protection contre les chocs électriques et assurer une protection principale et une protection en cas de défaut.

7 Coordination des matériels électriques et des mesures de protection dans une installation électrique

7.1 Généralités

La protection est assurée par une combinaison entre les dispositions constructives pour les matériels, leurs dispositifs et la méthode d'installation. Il est recommandé que les comités d'études utilisent les mesures de prévention décrites à l'Article 6.

Les matériels utilisant du courant doivent être classés conformément aux classes définies de 7.2 à 7.5. L'utilisation des mesures de protection dans les diverses classes de matériels est décrite de 7.2 à 7.5 (voir aussi Tableau 3).

Si cette méthode de classification des matériels et dispositifs n'est pas appropriée, les comités d'études doivent alors spécifier les méthodes appropriées d'installation de leurs produits.

Pour certains matériels, la conformité à la classification ne peut être réalisée qu'après installation, par exemple lorsque l'installation empêche l'accès aux parties actives. Dans ce cas, des instructions appropriées doivent être fournies par le constructeur ou le fournisseur responsable.

Différentes mesures de prévention appliquées à la même installation ou une partie d'une installation ou dans un matériel ne doivent pas avoir d'influences réciproques de telle sorte que la défaillance d'une mesure de prévention puisse compromettre la ou les autres mesures de prévention.

Tableau 3 – Mise en œuvre des matériels dans une installation à basse tension

Classe des matériels	Marquage du matériel ou instructions	Symbole	Conditions de connexion des matériels à l'installation
Classe I	Marquage de la borne d'équipotentialité de protection avec le symbole graphique de l'IEC 60417-5019:2006-08, ou les lettres PE, ou la combinaison de couleurs vert et jaune		Relier cette borne au réseau de liaisons équipotentielles de protection de l'installation
Classe II	Marquage avec le symbole graphique de l'IEC 60417-5172:2003-02 (double carré)		Ne pas compter sur des mesures de prévention relatives à l'installation
Classe III	Marquage avec le symbole graphique de l'IEC 60417-5180:2003-02 (chiffre romain III dans un losange)		Ne relier qu'aux schémas TBTS ou TBTP

7.2 Matériel de la classe 0

Matériel dont l'isolation principale est la mesure de protection principale sans mesures de protection en cas de défaut.

Toutes les parties conductrices qui ne sont pas séparées des parties actives dangereuses par au moins une isolation principale doivent être considérées comme des parties actives dangereuses.

La classe 0 doit être utilisée uniquement pour les matériels destinés à la liaison au moyen d'un câble ou d'une prise aux circuits fonctionnant à une tension inférieure à 150 V à la terre.

Il est cependant recommandé que les comités de produits retirent la classe 0 de leurs normes de produits.

7.3 Matériel de classe I

7.3.1 Généralités

Matériel avec au moins une mesure de protection principale et une liaison à un conducteur de protection comme mesure de protection en cas de défaut.

7.3.2 Isolement

Toutes les parties conductrices qui ne sont pas séparées des parties actives dangereuses par au moins une isolation principale doivent être considérées comme des parties actives dangereuses. Cela est aussi applicable aux parties conductrices séparées par une isolation principale mais qui sont reliées aux parties actives dangereuses par des composants non conçus pour être soumis aux mêmes contraintes que l'isolation principale.

7.3.3 Connexion au conducteur de protection

Les masses du matériel doivent être connectées à la borne de conducteur de protection.

NOTE Les masses comprennent les parties recouvertes uniquement de peinture, vernis, laque et produits analogues.

Les parties conductrices qui peuvent être touchées ne sont pas des masses si elles sont séparées des parties actives dangereuses par une séparation de protection.

7.3.4 Surfaces accessibles de parties en matériau isolant

Si le matériel n'est pas complètement recouvert de parties conductrices, les exigences suivantes sont applicables aux parties accessibles en matériau isolant.

Les surfaces accessibles de parties en matériau isolant qui

- sont conçues pour être saisies, ou
- sont susceptibles de venir en contact avec des surfaces conductrices qui peuvent transmettre un potentiel dangereux, ou
- peuvent venir en contact significatif (surface supérieure à 50 mm × 50 mm) avec une partie du corps humain, ou
- doivent être utilisées dans des zones dont la pollution est très conductrice,

doivent être séparées des parties actives dangereuses par

- une double isolation ou une isolation renforcée, ou
- une isolation principale et une protection par écran, ou
- une combinaison de ces mesures.

Toutes les autres surfaces accessibles de parties en matériau isolant doivent être séparées des parties actives dangereuses par au moins une isolation principale. Pour les matériels conçus comme partie de l'installation fixe, l'isolation principale doit être mise en œuvre soit par le constructeur, soit à l'installation selon les instructions du constructeur ou du fournisseur responsable.

Ces exigences sont considérées satisfaites si les parties accessibles en matériau isolant fournissent l'isolement exigé.

Les comités d'études peuvent imposer des exigences plus sévères qu'une isolation principale pour certaines parties accessibles en matériau isolant (par exemple, qu'il est nécessaire de toucher fréquemment, comme des dispositifs de manœuvre), en tenant compte de la surface de contact avec le corps humain.

7.3.5 Connexion d'un conducteur de protection

7.3.5.1 A l'exception des socles de prises de courant, les connexions doivent être clairement identifiées soit par le symbole graphique de l'IEC 60417-5019:2006-08, soit par les lettres PE, ou par la combinaison de couleurs vert et jaune conformément à l'IEC 60445. L'indication ne doit pas être placée sur ou fixée par des vis, des rondelles ou autres parties qui peuvent être enlevées lors de la connexion des conducteurs.

7.3.5.2 Pour les matériels connectés par des câbles souples, y compris les types fixes et socles de prises de courant, des mesures doivent être prises en cas de défaillance du dispositif de retenue de sorte que le conducteur de protection dans le câble doit être le dernier à être interrompu.

7.4 Matériel de classe II

7.4.1 Généralités

Le matériel de classe II comporte

- l'isolation principale en tant que mesure de protection principale, et
- l'isolation supplémentaire en tant que mesure de protection en cas de défaut,

ou dont

- la protection principale et la protection en cas de défaut sont assurées par une isolation renforcée.

7.4.2 Isolement

7.4.2.1 Les parties conductrices accessibles et les surfaces accessibles des parties en matériau isolant doivent être soit

- séparées des parties actives dangereuses par une double isolation ou une isolation renforcée, ou
- conçues par construction pour assurer une protection équivalente, par exemple, un dispositif d'impédance de protection.

Pour les matériels conçus comme une partie de l'installation fixe, cette exigence doit être satisfaite lorsque le matériel est installé convenablement. Cela signifie que l'isolation (principale, supplémentaire ou renforcée) et l'impédance de protection doivent être, si cela est nécessaire, soit mises en œuvre par le constructeur, soit à l'installation selon les instructions du constructeur ou du fournisseur responsable.

Des dispositions assurant une protection équivalente en cas de défaut peuvent être définies par les comités d'études avec les exigences appropriées à la nature et à l'application des matériels.

7.4.2.2 Toutes les parties conductrices qui ne sont séparées des parties actives dangereuses que par une isolation principale ou par des dispositions constructives fournissant une protection équivalente doivent être séparées des surfaces accessibles par une isolation supplémentaire ou par des dispositions constructives fournissant une protection équivalente.

Toutes les parties conductrices qui ne sont pas séparées des parties actives dangereuses par au moins une isolation principale doivent être considérées comme des parties actives dangereuses, c'est-à-dire qu'elles doivent être séparées des surfaces accessibles conformément à 7.4.2.1.

7.4.2.3 L'enveloppe ne doit pas comporter de vis ou autres moyens de fixation en matériau isolant lorsqu'il est nécessaire ou probable d'enlever ces vis ou fixations lors de l'installation et des opérations de maintenance et lorsque leur remplacement par des vis métalliques ou autres moyens de fixation peut compromettre l'isolement exigé.

7.4.2.4 L'isolement du matériel de classe II doit satisfaire à 5.1.6 de l'IEC 60664-1:2007.

7.4.3 Equipotentialité de protection

7.4.3.1 Le matériel de classe II ne doit pas être prévu pour la connexion à un conducteur de protection, sauf pour les applications selon 7.4.3.2.

7.4.3.2 Lorsqu'un matériel de classe II est fourni avec des dispositifs qui maintiennent la continuité du conducteur de protection, mais que pour tous les autres aspects, il est construit comme un matériel de la classe II, ces dispositifs doivent être isolés selon 7.4.2.1.

Les parties conductrices situées dans l'enveloppe isolante ne doivent pas être reliées à un conducteur de protection. Des dispositions peuvent cependant être prises pour relier les conducteurs de protection qui traversent l'enveloppe. A l'intérieur de l'enveloppe, ces conducteurs et leurs bornes doivent être isolés comme des parties actives et leurs bornes doivent être marquées comme des bornes PE.

7.4.3.3 Le matériel de classe II ne peut être fourni avec des moyens de connexion à la terre pour des raisons fonctionnelles (distinctes des raisons de protection) que si ce besoin est reconnu dans la norme IEC de référence. Ces moyens doivent être isolés des parties actives par une double isolation ou une isolation renforcée. Les moyens de mise à la terre pour des raisons fonctionnelles doivent avoir un marquage distinct des moyens de mise à la terre pour des raisons de protection et ne doivent pas être reliés par un conducteur identifié comme PE conformément à l'IEC 60445.

NOTE Une mise à la terre pour des raisons fonctionnelles peut être utilisée par exemple à des fins de CEM.

7.4.4 Marquage

Le matériel de classe II, y compris le matériel satisfaisant à 7.4.3.1, doit être marqué par le symbole graphique de l'IEC 60417-5172:2003-02, placé près du marquage de l'alimentation, par exemple sur la plaque signalétique, de manière que le symbole soit une information technique évidente et qu'en aucun cas il ne puisse exister de confusion avec le nom du constructeur ou d'autres indications.

Lorsqu'un matériel de classe II a une borne de mise à la terre pour des raisons fonctionnelles, cette borne doit être identifiée par le symbole graphique de l'IEC 60417-5018: 2011-07.

7.5 Matériel de classe III

7.5.1 Généralités

Matériel dont la fiabilité reposant sur une limitation à une tension TBT est la mesure de protection principale sans aucune mesure de protection en cas de défaut.

7.5.2 Tensions

7.5.2.1 Le matériel doit être conçu pour une tension nominale maximale ne dépassant pas 50 V en courant alternatif ou 120 V en courant continu (sans ondulation).

NOTE 1 La tension continue sans ondulation est définie conventionnellement comme étant une tension d'ondulation efficace non supérieure à 10 % de la composante continue. Les valeurs maximales pour une tension non sinusoïdale en courant alternatif sont à l'étude.

NOTE 2 Conformément à l'Article 414 de l'IEC 60364-4-41:2005, un matériel de classe III n'est admis que pour la connexion à des schémas TBTS et TBTP.

Il convient que les comités d'études déterminent la tension assignée maximale admise de leurs produits conformément à l'IEC TS 61201 et les conditions spécifiées d'utilisation de ces produits.

7.5.2.2 Les circuits internes peuvent fonctionner sous toute tension nominale ne dépassant pas les limites spécifiées en 7.5.2.1.

7.5.2.3 Dans le cas d'un premier défaut dans le matériel, aucune tension de contact en régime établi qui peut apparaître ou être générée, ne doit dépasser les limites spécifiées en 7.5.2.1.

7.5.3 Equipotentialité de protection

Le matériel de classe III ne doit pas être prévu avec des moyens de connexion au conducteur de protection. Cependant, le matériel peut être prévu avec des moyens de connexion à la terre pour des raisons fonctionnelles (distinctes des raisons de protection) si ce besoin est reconnu dans la norme IEC de référence. Dans tous les cas, aucune mesure de connexion des parties actives à la terre ne doit être prévue dans le matériel.

Les moyens de mise à la terre pour des raisons fonctionnelles doivent avoir un marquage distinct des moyens de mise à la terre pour des raisons de protection et ne doivent pas être reliés par un conducteur identifié comme PE conformément à l'IEC 60445.

7.5.4 Marquage

Le matériel doit être marqué par le symbole graphique de l'IEC 60417-5180:2003-02. Cette exigence ne s'applique pas lorsque les moyens de connexion à l'alimentation ne sont prévus que pour pouvoir être exclusivement compatibles avec une alimentation en TBTS ou TBTP particulière.

7.6 Courants de contact, courants dans le conducteur de protection

7.6.1 Généralités

Le paragraphe 7.6 est seulement applicable aux installations, systèmes et matériels à basse tension.

Les exigences de 7.6 prennent en compte le cas des matériels destinés à être alimentés par des prises et socles de prises de courant, ou par une connexion permanente, ou le cas de matériels semi-fixes.

NOTE Les effets du courant de fuite ne sont pour l'instant pas considérés dans la présente norme.

7.6.2 Courants de contact

Des mesures doivent être prises de sorte que, en cas de contact avec des parties accessibles dans des conditions normales, le courant de contact ne dépasse pas le seuil de perception indiqué dans l'IEC TS 60479-1. Les courants de contact doivent être mesurés conformément à l'IEC 60990. Lorsqu'un courant de contact supplémentaire est admis dans des conditions de défaut, les comités de produits doivent identifier de manière spécifique dans leurs normes les conditions et le courant supplémentaire admis.

NOTE 1 Voir la Figure 20 de l'IEC TS 60479-1:2005 pour 50 Hz et/ou 60 Hz en courant alternatif et la Figure 22 pour le courant continu.

NOTE 2 Les valeurs pour des fréquences jusqu'à 10 kHz peuvent être obtenues à partir des Figures 1 et 4 de l'IEC 60479-2:2007. Pour des fréquences supérieures à 10 kHz, voir 4.4 de l'IEC 60479-2:2007.

7.6.3 Courants dans le conducteur de protection

7.6.3.1 Généralités

Des mesures doivent être prises dans l'installation et les matériels afin d'éviter des courants excessifs dans le conducteur de protection qui compromettent la sécurité ou l'utilisation normale de l'installation électrique.

Les comités d'études doivent déterminer que le fonctionnement correct des dispositifs de protection, par exemple, les DDR et les disjoncteurs, n'est pas affecté par le courant dans le conducteur de protection généré par les produits ou systèmes dans leur domaine d'application.

Les constructeurs doivent mettre à disposition des informations sur la valeur et les caractéristiques du courant dans le conducteur de protection prévu dans des conditions normales de fonctionnement. Pour les fréquences autres que 50 Hz et/ou 60 Hz, les comités de produits sont invités à utiliser les valeurs les plus faibles possibles des limites de courant dans le conducteur de protection.

7.6.3.2 Exigences pour éviter les courants excessifs dans le conducteur de protection des matériels d'utilisation

Les matériels électriques qui provoquent, dans des conditions normales, l'écoulement de courant dans le conducteur de protection de l'alimentation, doivent être compatibles avec les mesures de protection.

7.6.3.3 Limites des composantes alternatives des courants dans le conducteur de protection des matériels d'utilisation

Les valeurs limites des courants dans le conducteur de protection dans des conditions normales de fonctionnement comme indiqué par le Tableau 4 s'appliquent aux matériels d'utilisation basse tension alimentés à des fréquences assignées jusqu'à 1 kHz.

Tableau 4 – Courant maximal dans le conducteur de protection pour des fréquences jusqu'à 1 kHz

Courant assigné du matériel d'utilisation Courant alternatif	Courant maximal dans le conducteur de protection pour des fréquences jusqu'à 1 kHz
$0 < I \leq 2 \text{ A}$	1 mA
$2 \text{ A} < I \leq 20 \text{ A}$	0,5 mA/A
$I > 20 \text{ A}$	10 mA

Pour les matériels d'utilisation connectés de manière permanente à un conducteur de protection renforcé selon 7.6.3.5, il convient que les comités de produits définissent les valeurs maximales de courant dans le conducteur de protection, qui ne doit en aucun cas dépasser 5 % du courant d'entrée assigné par phase.

Des mesurages doivent être effectués sur les matériels tels qu'ils sont fournis.

7.6.3.4 Limites des composantes continues du courant dans le conducteur de protection

Dans des conditions normales d'utilisation, les matériels d'utilisation en courant continu ne doivent pas générer de courant avec une composante continue dans le conducteur de protection qui dépasse les valeurs indiquées dans le Tableau 5. Ceci évite d'altérer le bon fonctionnement du ou des dispositifs de protection ou autres matériels dans l'installation.

Tableau 5 – Courant maximal dans le conducteur de protection pour le courant continu

Courant assigné des matériels d'utilisation Courant alternatif	Courant maximal dans le conducteur de protection Courant continu
$I \leq 2 \text{ A}$	5 mA
$2 \text{ A} < I \leq 20 \text{ A}$	2,5 mA/A
$I > 20 \text{ A}$	50 mA

Le matériel électrique enfichable avec une entrée assignée $\leq 4 \text{ kVA}$ doit être conçu pour avoir un courant dans le conducteur de protection avec une composante de courant continu superposée lisse limitée à $\leq 6 \text{ mA}$.

Pour le matériel électrique enfichable avec une entrée assignée $> 4 \text{ kVA}$ et le matériel électrique connecté de manière permanente, indépendamment de l'entrée assignée, le manuel d'utilisation doit comporter des recommandations concernant la mesure de prévention.

En cas de courants dans le conducteur de protection en courant continu $> 6 \text{ mA}$, des dispositifs de protection appropriés doivent être sélectionnés, par exemple DDR de type B.

7.6.3.5 Dispositions dans les matériels en cas de connexion avec des circuits à conducteur de protection renforcé pour des courants dans le conducteur de protection supérieurs à 10 mA

Les matériels d'utilisation doivent comporter:

- une borne de connexion conçue pour le raccordement d'un conducteur de protection d'une section minimale de 10 mm^2 pour le cuivre ou de 16 mm^2 pour l'aluminium, ou
- une seconde borne conçue pour le raccordement d'un conducteur de protection de même section que celle prévue pour le conducteur normal de protection afin de raccorder un second conducteur de protection aux matériels d'utilisation.

NOTE Pour les exigences relatives aux conducteurs de protection renforcés, voir l'Article 543.7 de l'IEC 60364-5-54:2011.

7.6.3.6 Information

Pour les matériels destinés à être raccordés de manière permanente à un conducteur de protection renforcé, la valeur du courant dans le conducteur de protection doit être donnée par le constructeur dans sa documentation et une indication doit être donnée dans les instructions d'installation, selon laquelle le matériel doit être mis en œuvre comme décrit en 7.6.4.2.

7.6.4 Autres exigences

7.6.4.1 Systèmes de transmission de signaux

L'utilisation d'un conducteur de protection dans une installation électrique pour la transmission de signaux n'est pas admise.

7.6.4.2 Circuits à conducteur de protection renforcé dans les installations pour des courants dans le conducteur de protection supérieurs à 10 mA

Pour les matériels d'utilisation destinés à une connexion permanente et dont le courant dans le conducteur de protection est supérieur à 10 mA, des dispositions doivent être prises pour une connexion sûre et fiable à la terre comme décrit dans l'IEC 60364-5-54.

7.6.5 Autres effets

Les contractions musculaires et effets thermiques causés par le courant passant dans le corps humain ou un animal d'élevage et les effets de décharges électrostatiques peuvent également, mais pas généralement, entraîner des situations dangereuses.

Les comités d'études doivent considérer

- que les personnes ou animaux d'élevage peuvent recevoir des courants des valeurs indiquées en 4.5.1 par suite du contact avec des pièces métalliques. Il peut être nécessaire de spécifier des mesures supplémentaires pour éviter que les utilisateurs ne souffrent de contractions musculaires involontaires.
- que les personnes ou animaux d'élevage peuvent être exposés à des valeurs de courant de contact et de charge susceptibles d'être dangereuses ou perceptibles (voir 4.6.3).
- qu'en raison de l'effet des courants, comme décrit en 4.6.4, circulant dans le corps humain ou un animal d'élevage pendant plusieurs secondes, il peut en résulter des brûlures profondes et autres lésions internes (par exemple, insuffisance rénale). Il peut également en résulter des brûlures superficielles.

7.7 Distances de sécurité et distances d'isolement et signaux d'avertissement pour installations à haute tension

La conception de l'installation doit permettre de limiter l'accès aux zones dangereuses. Pour les personnes qualifiées et averties, la nécessité d'un accès à des fins d'exploitation et de maintenance doit être prise en compte. Lorsque les distances de sécurité ne peuvent être respectées, des dispositions de protection permanente doivent être mises en œuvre. Des valeurs doivent être spécifiées par le ou les comités d'études pour

- les distances des barrières,
- les distances des obstacles,
- les clôtures extérieures et les portes d'accès,
- la hauteur minimale et la distance par rapport aux zones d'accès,
- les distances par rapport aux bâtiments.

Des signaux d'avertissement doivent être disposés distinctement sur toutes les portes d'accès, clôtures, barrières de protection, poteaux et pylônes de lignes aériennes, etc.

7.8 Mise à la terre pour des raisons fonctionnelles

Le matériel ne peut être fourni avec des moyens de connexion à la terre pour des raisons fonctionnelles (distinctes des raisons de protection) que si ce besoin est reconnu dans la norme IEC de référence (par exemple à des fins de CEM). Ces moyens doivent être

- isolés des parties actives, et
- isolés des masses, sauf si ces dernières sont reliées à une borne d'équipotentialité de protection, par exemple, en cas de matériel TBTP.

Les moyens de mise à la terre pour des raisons fonctionnelles doivent comporter un marquage ou autre identification conformément à l'IEC 60445.

8 Conditions spéciales d'exploitation et d'entretien

8.1 Généralités

Des exigences détaillées pour l'exploitation des installations électriques, par exemple

- travaux sous tension,
- travaux hors tension,
- travaux à proximité des parties actives,

sont à prendre en considération par les comités d'études appropriés.

8.2 Dispositifs à manœuvre manuelle et composants destinés à être remplacés manuellement

8.2.1 Généralités

NOTE 1 Exemples:

- dispositifs qu'il est nécessaire de réarmer (par exemple, disjoncteurs, dispositifs contre les surintensités, les surtensions et les baisses de tension);
- composants interchangeables (par exemple, lampes, fusibles),

pour l'établissement ou le rétablissement de la fonction de l'installation, du système ou du matériel. Le paragraphe 8.2.2 est aussi applicable pour la maintenance par l'utilisateur.

NOTE 2 Pour les besoins de la présente norme, "manuellement" signifie "à la main, avec ou sans l'aide d'un outil".

8.2.2 Dispositifs destinés à être manœuvrés ou composants destinés à être remplacés par des personnes ordinaires dans des installations, systèmes et matériels à basse tension

8.2.2.1 Généralités

La protection contre tout contact avec des parties actives dangereuses doit être maintenue lors de la manœuvre des dispositifs ou le remplacement des composants.

NOTE Il est reconnu que certaines douilles de lampes et certains porte-fusibles conformes à des normes existantes ne satisfont pas à cette exigence lors du remplacement des composants.

8.2.2.2 Lorsque des installations, des systèmes ou des matériels comportent des dispositifs exigeant une manœuvre manuelle ou des composants exigeant un remplacement manuel, ces dispositifs et composants doivent être placés en un endroit où des parties actives dangereuses ne sont pas accessibles.

8.2.2.3 Lorsque la conformité à 8.2.2.2 n'est pas réalisable, la protection doit être assurée par des moyens garantissant le sectionnement de l'alimentation électrique avant l'accès à ces parties.

8.2.3 Dispositifs destinés à être manœuvrés ou composants destinés à être remplacés par des personnes qualifiées ou averties

8.2.3.1 Généralités

La protection contre tout accès fortuit aux parties actives dangereuses ou à une zone dangereuse doit être assurée selon 8.2.3.2 et 8.2.3.3:

- s'il n'y a ni barrières et ni enveloppes de protection, ou
- si les barrières ou les enveloppes de protection doivent être démontées par des personnes qualifiées ou averties pour accéder aux dispositifs exigeant une manœuvre manuelle ou aux composants exigeant un remplacement.

Les comités d'études peuvent restreindre l'application de ce paragraphe ou imposer des exigences complémentaires et spécifier le type de manœuvre manuelle pour lequel cette méthode de protection est admise.

8.2.3.2 Emplacement des dispositifs et des composants

Le matériel doit être conçu et installé de manière que les dispositifs et les composants soient accessibles et visibles pour une personne en situation de pouvoir manœuvrer de manière rapide et sûre le dispositif ou de remplacer un composant.

Il convient que ces emplacements et une information appropriée que le constructeur doit fournir, soient spécifiés par les comités d'études, suivant le cas.

Si la position de montage d'un matériel peut gêner la visibilité ou l'accès aux dispositifs ou aux composants et occasionner un danger, la position de montage exigée doit alors être indiquée et contrôlée.

En cas de présence de circuits en courant alternatif et courant continu dans le même matériel et/ou la même installation, les conducteurs en courant alternatif et courant continu doivent être identifiés de manière distincte.

8.2.3.3 Accessibilité et manœuvre

Le chemin d'accès à un dispositif et l'espace nécessaire à sa manœuvre doivent être tels que la protection contre tout contact fortuit avec des parties actives dangereuses ou tout accès involontaire à une zone dangereuse soit assurée par une distance appropriée. La distance doit être spécifiée par les comités d'études.

En variante, lorsque le chemin d'accès ou l'espace a des dimensions moindres que la distance appropriée par rapport aux parties actives dangereuses, des obstacles doivent être prévus. Ces obstacles doivent assurer la protection contre tout contact fortuit. Le degré de protection ne doit pas être inférieur à IPXXB (et également IP2X) de l'IEC 60529 dans toutes les directions d'approche du dispositif ou du composant, et à IPXXA (et également IP1X) de l'IEC 60529 dans toutes les autres directions appropriées.

8.3 Valeurs électriques après sectionnement

Lorsque la protection repose sur le sectionnement entre les parties actives dangereuses et l'alimentation (par exemple, lors de l'ouverture des enveloppes ou l'enlèvement des barrières de protection), les capacités doivent être déchargées automatiquement de manière que, 5 s après le sectionnement, les valeurs limites de la tension spécifiées à l'Annexe A de l'IEC TS 61201:2007 ne soient pas dépassées. Si cela nuit au fonctionnement correct du matériel, un avertissement immédiatement visible doit être prévu, indiquant le temps de décharge par rapport aux valeurs limites.

Dans des conditions particulières (par exemple, retrait d'une fiche), les comités d'études peuvent devoir indiquer un temps plus court.

Après le sectionnement, particulièrement dans le cas de hautes tensions, il convient de considérer les effets suivants:

- les condensateurs peuvent présenter des charges résiduelles élevées;
- les inductances, par exemple les enroulements des transformateurs, peuvent présenter une charge piégée élevée sur une durée relativement longue.

8.4 Dispositifs de sectionnement

8.4.1 Généralités

Les dispositifs adaptés au sectionnement doivent effectivement séparer le circuit concerné de tous les conducteurs actifs de l'alimentation.

NOTE 1 Pour la basse tension, voir aussi 8.4.2.

La position des contacts ou des autres moyens de sectionnement doit, en position de sectionnement, soit être visible de manière externe, soit être indiquée de manière claire et fiable.

NOTE 2 L'indication peut être réalisée par un marquage approprié indiquant respectivement les positions de sectionnement et de fermeture.

Les dispositifs adaptés au sectionnement doivent être conçus et/ou installés pour empêcher tout fonctionnement non intentionnel ou non autorisé.

NOTE 3 Un tel fonctionnement peut être dû, par exemple, à des chocs et des vibrations mécaniques.

8.4.2 Dispositifs de sectionnement en basse tension

Les dispositifs adaptés au sectionnement doivent effectivement séparer le circuit concerné de tous les conducteurs actifs de l'alimentation. Toutefois, dans les schémas TN-S ou TN-C-S, où les conditions de réseau d'alimentation sont telles que le conducteur de neutre ou le conducteur de point milieu peut être considéré comme étant relié de manière fiable au potentiel de terre, il n'est pas nécessaire de séparer le conducteur de neutre.

Les dispositifs de sectionnement doivent satisfaire aux deux conditions suivantes:

- a) Les dispositifs doivent supporter, entre les bornes amont et aval, la tension de tenue aux chocs donnée dans le Tableau 6, et ce, à l'état neuf et dans des conditions propres et sèches, avec les contacts en position de sectionnement.

**Tableau 6 – Tension de tenue aux chocs minimale des dispositifs
de sectionnement par rapport à la tension nominale**

Tension nominale du réseau d'alimentation ^a V		Tension de tenue aux chocs minimale ^b kV	
Réseaux triphasés	Réseaux monophasés avec point milieu	Catégorie de surtension III	Catégorie de surtension IV
230/400, 277/480	120 – 240	3	5
400/690		5	8
1 000		8	10
		10	15
NOTE 1 Pour une explication des catégories de surtension, voir 4.3.3.2 de l'IEC 60664-1:2007.			
NOTE 2 Les tensions de tenue aux chocs se rapportent à une altitude de 2 000 m.			
NOTE 3 Les valeurs de 100 V/200 V, 50 Hz ou 60 Hz sont également utilisées dans certains pays.			
^a Conformément à l'IEC 60038.			
^b Les matériels de catégories de surtension II et I ne s'appliquent pas au sectionnement.			

b) Dans tous les cas, le courant de fuite à travers les pôles ouverts ne doit pas être supérieur à

- 0,5 mA par pôle à l'état neuf, dans des conditions propres et sèches, et
- 6 mA par pôle au terme de la durée de vie utile conventionnelle du dispositif,

sous une tension d'essai appliquée entre les bornes de chaque pôle et égale à 110 % de la tension entre phase et neutre de l'installation correspondant à la tension assignée du matériel, lorsque le point étoile ou le point milieu de l'alimentation est relié à la terre. Dans tous les autres cas, la valeur de la tension d'essai doit être égale à 110 % de la tension entre phases du réseau d'alimentation.

Lorsque l'essai est effectué en courant continu, la valeur de la tension en courant continu doit être égale à la valeur efficace de la tension d'essai en courant alternatif.

Les essais de vérification de cette exigence peuvent être spécifiés par le comité d'études compétent.

8.4.3 Dispositifs de sectionnement en haute tension

8.4.3.1 Généralités

Tout dispositif de sectionnement doit être approprié à l'utilisation prévue.

Toutes les exigences générales, par exemple, des installations de mise à la terre et, si nécessaire, les exigences particulières relatives à l'emplacement, par exemple l'altitude, doivent être définies et prises en compte.

Toutes les parties séparées du circuit principal auxquelles l'accès est exigé ou prévu doivent pouvoir être mises à la terre avant qu'il ne soit possible d'y accéder. Cette exigence ne s'applique pas nécessairement aux parties amovibles accessibles après qu'elles ont été séparées de l'installation.

Les spécifications correspondantes aux matériels prévus doivent être conçues en tenant compte de la configuration du réseau, des conditions particulières locales et des opérations d'exploitation et de maintenance.

Il doit être pris en considération le fait que les contraintes électriques prévues ne sont pas seulement celles existantes en fonctionnement normal, mais aussi les contraintes complémentaires, par exemple en cas de défaut de court-circuit.

Les surtensions de foudre et de manœuvre doivent aussi être prises en compte.

Les contraintes mécaniques, climatiques et autres contraintes spéciales dues aux influences externes sur le site d'installation doivent être considérées au cours du processus de conception du matériel.

NOTE Outre ces contraintes, il est important de tenir compte de l'IEC 60071-1, coordination de l'isolement, en choisissant un dispositif de coupure approprié.

Afin d'éviter toute manœuvre non intentionnelle, un verrouillage du dispositif de sectionnement, pour des raisons de sécurité, doit être prévu en position "ouvert" et "fermé".

Lors de la fabrication ou de l'installation de dispositifs de sectionnement, il convient de prendre en compte les arcs électriques ou les gaz chauds d'ionisation qui peuvent apparaître en cas de coupure. Par conséquent, il convient de concevoir ou d'installer le matériel de sorte que le gaz ionisé libéré pendant la coupure n'entraîne pas de dommages du matériel ou ne mette pas en danger le personnel d'exploitation. Ceci s'applique également en cas de contournement secondaire par ionisation des parties qui ne sont pas des parties actives.

8.4.3.2 Caractéristiques des dispositifs de sectionnement

Les dispositifs de sectionnement doivent satisfaire aux performances définies pour l'isolement longitudinal. Cette exigence est satisfaite lorsque la distance de séparation présente les performances diélectriques spécifiées dans l'IEC 62271-102 à cet effet.

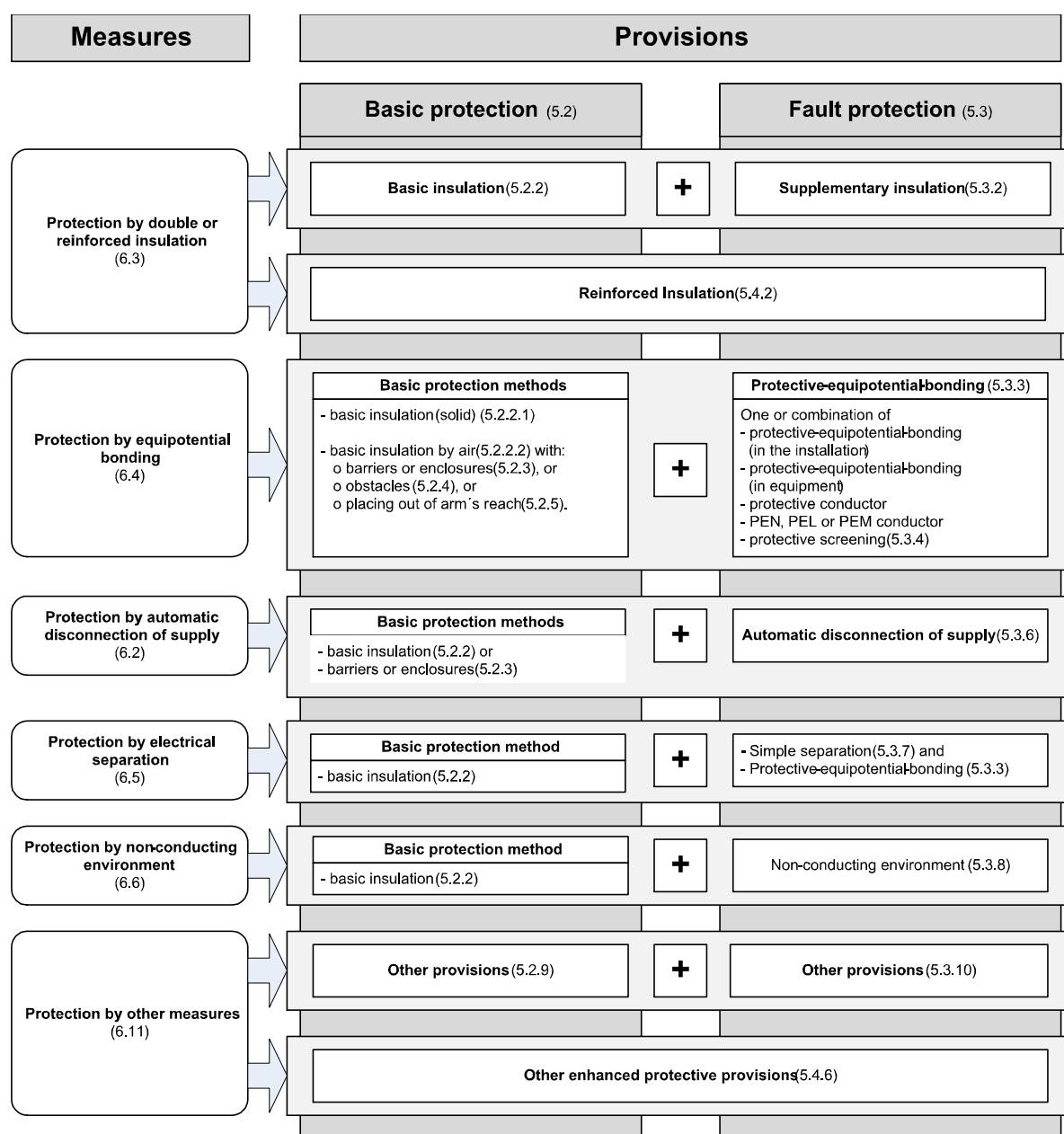
Pour des raisons de sécurité, les dispositifs de sectionnement doivent être conçus de sorte que tout courant de fuite à la terre qui peut s'écouler entre un contact et la borne du côté opposé du sectionneur soit limité à un niveau acceptable. Cette exigence de sécurité est satisfaite si ce courant de fuite est dissipé de manière fiable vers la terre.

Annexe A (informative)

Étude des mesures de prévention mises en œuvre par des mesures de protection

NOTE Toutes les mesures de protection ne sont pas applicables à la basse tension et à la haute tension.

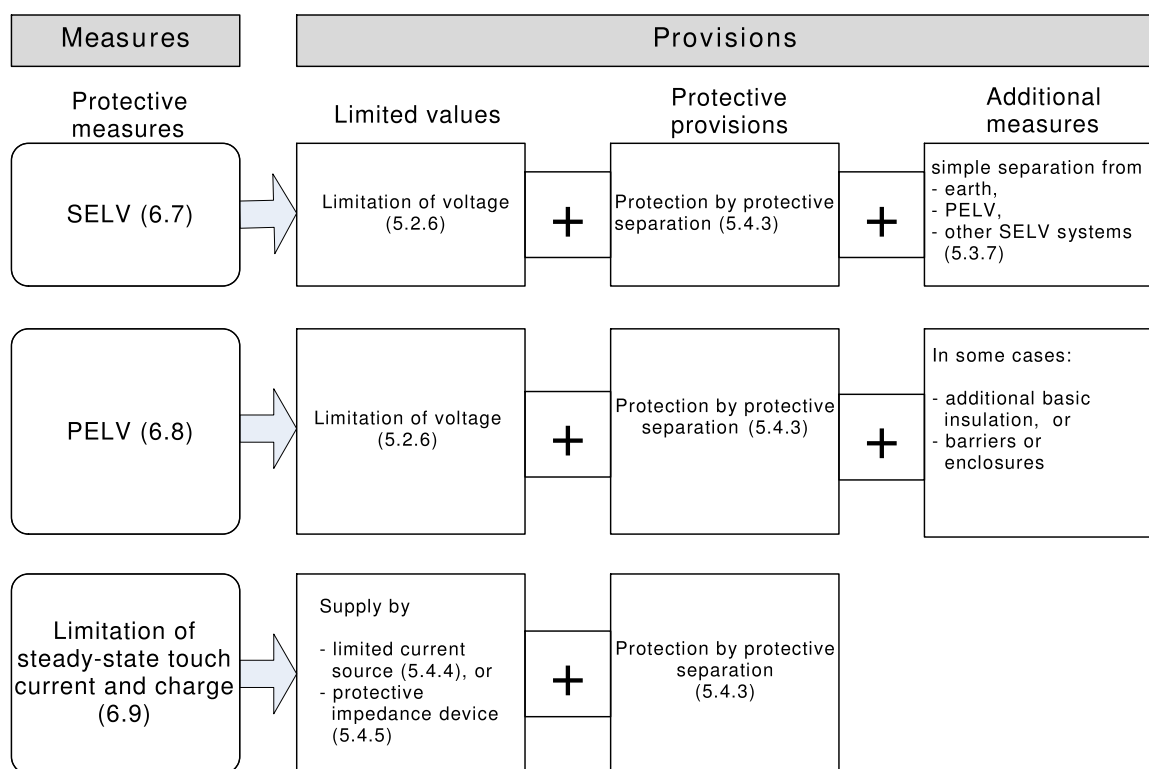
La Figure A.1 représente la relation entre les mesures de prévention et leurs dispositions respectives de protection principale et de protection en cas de défaut.



Anglais	Français
Measures	Mesures
Provisions	Dispositions
Basic protection (5.2)	Protection principale (5.2)
Fault protection (5.3)	Protection en cas de défaut (5.3)
Protection by double or reinforced insulation (6.3)	Protection par double isolation ou isolation renforcée (6.3)
Basic insulation (5.2.2)	Isolation principale (5.2.2)
Supplementary insulation (5.3.2)	Isolation supplémentaire (5.3.2)
Reinforced insulation	Isolation renforcée
Protection by equipotential bonding	Protection par équipotentialité
Basic protection methods	Méthodes de protection principale
Basic insulation (solid) (5.2.2.1)	Isolation principale (solide) (5.2.2.1)
Basic insulation by air (5.2.2.2) with:	Isolation principale par air (5.2.2.2) avec:
Barriers or enclosures (5.2.3), or	Barrières ou enveloppes (5.2.3), ou
Obstacles (5.2.4), or	Obstacles (5.2.4), ou
Placing out of arm's reach (5.2.5).	Mise hors du volume d'accessibilité au toucher (5.2.5).
Protective-equipotential bonding (5.3.3)	Liaison équipotentielle de protection (5.3.3)
One or combination of:	Une ou combinaison de:
Protective equipotential bonding (in the installation)	liaison équipotentielle de protection (dans l'installation)
Protective equipotential bonding (in equipment)	liaison équipotentielle de protection (dans le matériel)
Protective conductor	Conducteur de protection
PEN, PEL, or PEM conductor	Conducteur PEN, PEL ou PEM
Protective screening (5.3.4)	Protection par écran (5.3.4)
Protection by automatic disconnection of supply (6.2)	Protection par coupure automatique de l'alimentation (6.2)
Automatic disconnection of supply (5.3.6)	Coupure automatique de l'alimentation (5.3.6)
Protection by electrical separation	Protection par séparation électrique
Simple separation (5.3.7) and	Séparation simple (5.3.7) et
Protection by non-conducting environment (6.6)	Protection par environnement non conducteur (6.6)
Non-conducting environment (5.3.8)	Environnement non conducteur (5.3.8)
Protection by other measures (6.11)	Protection par d'autres mesures (6.11)
Other provisions	Autres dispositions
Other enhanced protective provisions	Autres mesures de protection renforcée

Figure A.1 – Mesures de prévention avec protection principale
et protection en cas de défaut

La Figure A.2 représente la relation entre les mesures de prévention avec des valeurs limitées de grandeurs électriques et leurs dispositions respectives.

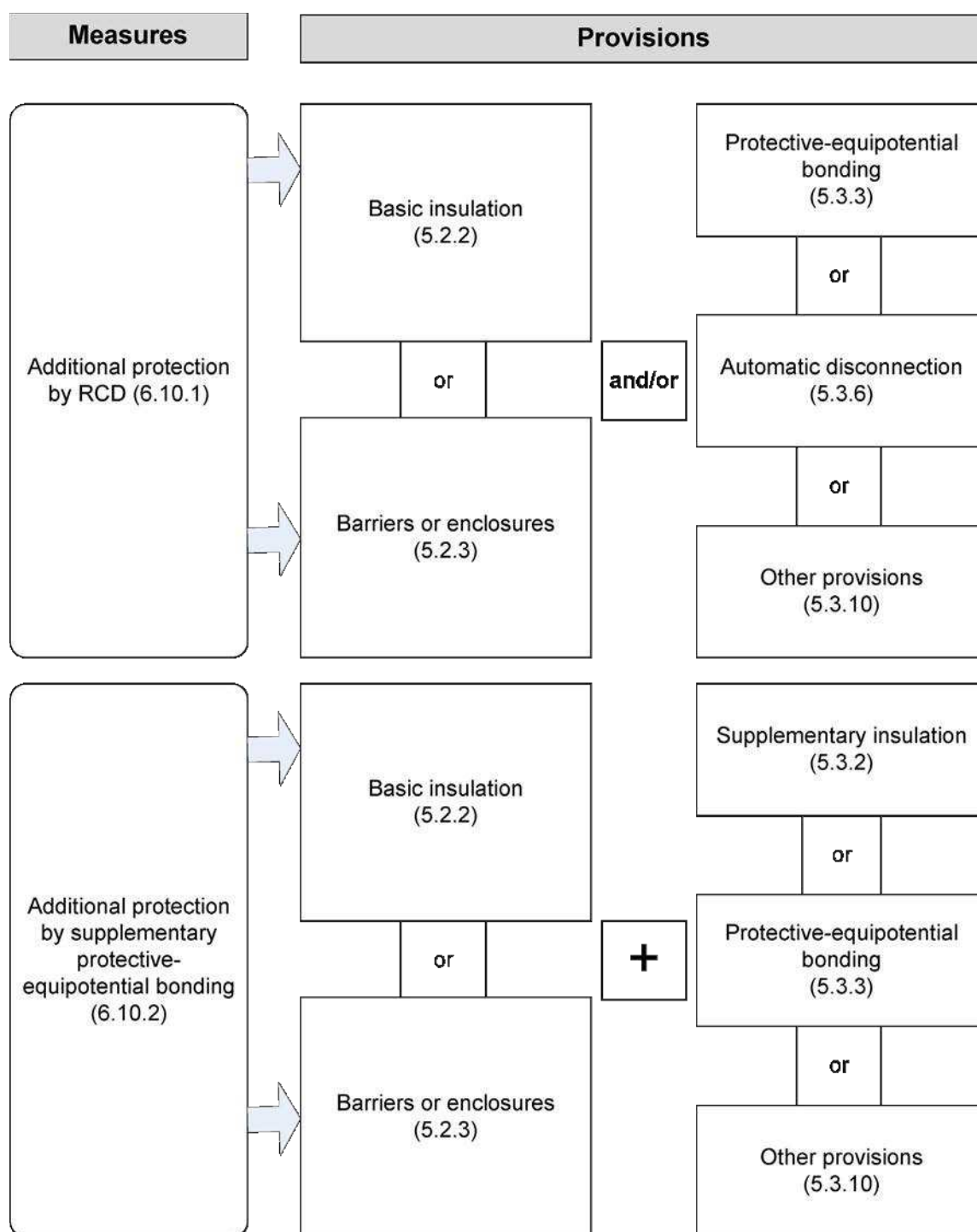


IEC

Anglais	Français
Measures	Mesures
Provisions	Dispositions
Protective measures	Mesures de prévention
Limited values	Valeurs limitées
Protective provisions	Mesures de protection
Additional measures	Mesures complémentaires
SELV	TBTS
Limitation of voltage	Limitation de la tension
Protection by protective separation (5.4.3)	Protection par séparation de protection (5.4.3)
Simple separation from earth, PELV, other SELV systems (5.3.7)	Séparation simple de la terre, des schémas TBTP, d'autres schémas TBTS (5.3.7)
PELV	TBTP
In some cases: additional basic insulation or barriers or enclosures	Dans certains cas: isolation principale supplémentaire ou barrières ou enveloppes
Limitation of steady-state touch current and charge (6.9)	Limitation du courant de contact en régime établi et de la charge électrique (6.9)
Supply by limited current source (5.4.4), or protective impedance device (5.4.5)	Alimentation par source à courant limité (5.4.4), ou dispositif d'impédance de protection (5.4.5)

Figure A.2 – Mesures de prévention avec des valeurs limitées de grandeurs électriques

La Figure A.3 représente la relation entre les mesures de prévention pour la protection complémentaire et leurs dispositions respectives.



IEC

Anglais	Français
Measures	Mesures
Provisions	Dispositions
Additional protection by RCD (6.10.1)	Protection complémentaire par DDR (6.10.1)
Basic insulation (5.2.2)	Isolation principale (5.2.2)
Protective equipotential bonding (5.3.3)	Liaison équipotentielle de protection (5.3.3)
Or	Ou
And/or	Et/ou
Automatic disconnection (5.3.6)	Coupure automatique (5.3.6)

Anglais	Français
Barriers or enclosures (5.2.3)	Barrières ou enveloppes (5.2.3)
Other provisions (5.3.10)	Autres dispositions (5.3.10)
Supplementary insulation (5.3.2)	Isolation supplémentaire (5.3.2)
Additional protection by supplementary protective – equipotential bonding (6.10.2)	Protection complémentaire par liaison équipotentielle de protection supplémentaire (6.10.2)

Figure A.3 – Mesure de prévention: protection complémentaire (en plus de la protection principale et/ou de la protection en cas de défaut)

Annexe B (informative)

Index des termes

Terme	Référence du paragraphe
protection complémentaire	3.1.3
volume d'accessibilité au toucher	3.15
coupure automatique de l'alimentation	3.18
barrière, de protection (électrique)	3.13
isolation principale	3.10.1
protection principale	3.1.1
liaison, voir liaison équipotentielle	3.16
circuit, (électrique)	3.2
écran (conducteur)	3.20
conducteur	
conducteur de (mise à la) terre	3.17.5
conducteur de ligne	3.16.10
conducteur (de) neutre	3.16.11
conducteur de mise à la terre de protection, PE	3.16.5
conducteur PEM	3.16.7
conducteur PEN	3.16.6
conducteur PEL	3.16.8
conducteur de protection	3.16.4
conducteur de liaison de protection; conducteur d'équipotentialité	3.16.9
zone dangereuse	3.35
coupure de l'alimentation, automatique	3.18
double isolation	3.10.3
terre	3.17
mettre à la terre (verbe)	3.17.1
prise de terre	3.17.4
électrode de terre	
terre (locale)	3.17.3
terre de référence	3.17.2
mise à la terre	
mise à la terre pour des raisons fonctionnelles	3.17.8
installation de mise à la terre	3.17.6
conducteur de (mise à la) terre	3.17.5
mise à la terre pour des raisons de protection	3.17.7
tension de contact (effective); tension de toucher effective	3.8.1
brûlure électrique	3.43
circuit électrique	3.2

Terme	Référence du paragraphe
choc électrique	3.1
matériel électrique	3.3
installation (électrique)	3.40
séparation (électrique)	3.25
personne avertie (en électricité)	3.31
personne qualifiée (en électricité)	3.30
barrière de protection (électrique)	3.13
enveloppe de protection (électrique)	3.14
obstacle de protection (électrique)	3.12
écran de protection (électrique)	3.21
protection (électrique) par écran	3.22
séparation de protection (électrique)	3.24
électrode	
prise de terre	3.17.4
électrode de terre	
enveloppe, de protection (électrique)	3.14
mesure de protection renforcée	3.19
matériel, électrique	3.3
matériel, semi-fixe, stationnaire	3.37
liaison équipotentielle	3.16
borne d'équipotentialité	3.16.2
liaison équipotentielle de protection	3.16.1
partie conductrice accessible; masse (dans une installation)	3.6
très basse tension (TBT)	3.26
schéma TBTP	3.26.2
schéma TBTS	3.26.1
élément conducteur étranger	3.7
protection en cas de défaut	3.1.2
condition de défaut, premier	3.1.4
mise à la terre pour des raisons fonctionnelles	3.17.8
gradient, de potentiel	3.34
électrode de terre	3.17.4
terre (locale)	3.17.3
terre, de référence	3.17.2
installation de mise à la terre	3.17.6
conducteur de (mise à la) terre	3.17.5
mise à la terre, pour des raisons fonctionnelles	3.17.8
mise à la terre, pour des raisons de protection	3.17.7
partie active dangereuse	3.5
tension de tenue aux chocs	3.42
installation, (électrique)	3.40

Terme	Référence du paragraphe
personne avertie (en électricité)	3.31
Isolement	3.10
isolation principale	3.10.1
double isolation	3.10.3
isolation renforcée	3.10.4
isolation supplémentaire	3.10.2
sectionnement	3.41
courant de fuite	3.36
conducteur de ligne	3.16.10
limitation du courant de contact en régime établi et de la charge électrique, (protection par)	3.27
source à courant limité	3.28
partie active	3.4
terre (locale)	3.17.3
conducteur (de) neutre	3.16.11
environnement non conducteur	3.11
obstacle, de protection (électrique)	3.12
personne ordinaire	3.32
conducteur de mise à la terre de protection, PE	3.16.5
conducteur PEL	3.16.8
conducteur PEM	3.16.7
conducteur PEN	3.16.6
schéma TBTP	3.26.2
personne:	
personne avertie (en électricité)	3.31
personne qualifiée, (en électricité)	3.30
personne ordinaire	3.32
gradient de potentiel	3.34
tension de contact présumée; tension de toucher présumée	3.8.2
protection:	
protection complémentaire	3.1.3
protection principale	3.1.1
protection en cas de défaut	3.1.2
protection par limitation du courant de contact en régime établi et de la charge électrique	3.27
barrière de protection, (électrique)	3.13
conducteur de liaison de protection; conducteur d'équipotentialité	3.16.9
borne d'équipotentialité de protection	3.16.3
conducteur de protection	3.16.4
courant dans le conducteur de protection	3.38
mise à la terre pour des raisons de protection	3.17.7
enveloppe de protection, (électrique)	3.14
liaison équipotentielle de protection	3.16.1

Terme	Référence du paragraphe
dispositif d'impédance de protection	3.29
mesure de prévention	3.45
obstacle de protection, (électrique)	3.12
mesure de protection	3.44
écran de protection, (électrique)	3.21
protection par écran, (électrique)	3.22
séparation de protection, (électrique)	3.24
terre de référence	3.17.2
isolation renforcée	3.10.4
écran, (conducteur)	3.20
écran, de protection	3.21
protection, par écran	3.22
schéma TBTS	3.26.1
séparation	
séparation électrique	3.25
séparation de protection (électrique)	3.24
séparation simple	3.23
écran, (conducteur)	3.20
écran, de protection	3.21
protection, par écran	3.22
choc, électrique	3.1
condition de premier défaut	3.1.4
personne qualifiée, (en électricité)	3.30
matériel semi-fixe; matériel stationnaire	3.37
tension de pas	3.33
isolation supplémentaire	3.10.2
système	3.39
borne	
borne d'équipotentialité	3.16.2
borne d'équipotentialité de protection	3.16.3
courant de contact	3.9
limitation du courant de contact en régime établi et de la charge électrique, (protection par)	3.27
tension de contact	3.8
tension de contact (effective); tension de toucher effective	3.8.1
tension de contact présumée; tension de toucher présumée	3.8.2
tension	
tension de tenue aux chocs	3.42
tension de pas	3.33
tension de contact	3.8

Annexe C (informative)

Liste de notes concernant certains pays

Pays	N° Article / paragraphe	Nature (permanente ou moins permanente conformément aux directives IEC)	Justification (justification détaillée pour la note de pays demandée)	Intitulé
PT	3.1.1			Au Portugal, pour les installations, systèmes et matériels à basse tension, la protection principale correspond généralement à la protection contre les contacts directs
PT	3.1.2			Au Portugal, pour les installations, systèmes et matériels à basse tension, la protection en cas de défaut correspond généralement à la protection contre les contacts indirects
AT	6.5	permanente	Longues expériences pratiques et faits matériels	– En Autriche, en cas d'utilisation d'un transformateur comme source de protection par séparation électrique, un transformateur de sécurité conforme à l'IEC 61558-2-6 est exigé. – En Autriche, il n'est pas nécessaire de mettre à la terre le réseau de liaisons équipotentielles de protection. Dans certaines conditions, une mise à la terre volontaire du conducteur d'interconnexion ou des masses des matériels d'utilisation est admise.
IT	7.2			En Italie, la classe 0 ne doit pas être utilisée pour la conception et la fabrication des matériels
US	7.3.5.1			Aux États-Unis, la couleur vert foncé est également utilisée pour désigner la borne de connexion au conducteur de protection

Bibliographie

IEC 60050-195:1998, *Vocabulaire Electrotechnique International – Partie 195: Mise à la terre et protection contre les chocs électriques*
IEC 60050-195:1998/AMD1:2001

IEC 60050-351, *Vocabulaire Electrotechnique International – Partie 351: Technologie de commande et de régulation*

IEC 60050-826:2004, *Vocabulaire Electrotechnique International – Partie 826: Installations électriques*

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

IEC 60364-4-44:2007, *Installations électriques à basse tension – Partie 4-44: Protection pour assurer la sécurité – Protection contre les perturbations de tension et les perturbations électromagnétiques*

IEC 60364-6:2006, *Installations électriques à basse tension – Partie 6: Vérification*

IEC 60079 (toutes les parties), *Effets du courant sur l'homme et les animaux domestiques*

IEC TS 60479-2:2007, *Effets du courant sur l'homme et les animaux domestiques – Partie 2: Aspects particuliers*

IEC 60601-1, *Appareils électromédicaux – Partie 1: Exigences générales pour la sécurité de base et les performances essentielles*

IEC 61558-2-6, *Sécurité des transformateurs, bobines d'inductance, blocs d'alimentation et produits analogues pour des tensions d'alimentation jusqu'à 1 100 V – Partie 2-6: Règles particulières et essais pour les transformateurs de sécurité et les blocs d'alimentation incorporant des transformateurs de sécurité*

Références supplémentaires non citées

IEC 60050-131, *Vocabulaire Electrotechnique International – Partie 131: Théorie des circuits*

IEC 61936-1, *Installations électriques en courant alternatif de puissance supérieure à 1 kV – Partie 1: Règles communes*

IEC TS 61936-2, *Power installations exceeding 1 kV a.c. and 1,5 kV d.c. – Part 2: DC*
(disponible en anglais seulement)

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

3, rue de Varembé
PO Box 131
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

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