

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

GROUP SAFETY PUBLICATION
PUBLICATION GROUPEE DE SÉCURITÉ

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

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60364-4-41:2005



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2005 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 la CEI ou du Comité national de la CEI du pays du demandeur.

Si vous avez des questions sur le copyright de la CEI ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de la CEI de votre pays de résidence.

IEC Central Office
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland
Email: inmail@iec.ch
Web: 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.

- Catalogue of IEC publications: www.iec.ch/searchpub

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 It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.

- IEC Just Published: www.iec.ch/online_news/justpub

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

- Electropedia: www.electropedia.org

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

- Customer Service Centre: www.iec.ch/webstore/custserv

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please visit the Customer Service Centre FAQ or contact us:

Email: csc@iec.ch

Tel.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00

A propos de la CEI

La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) 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 CEI

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

- Catalogue des publications de la CEI: www.iec.ch/searchpub/cur_fut-f.htm

Le Catalogue en-ligne de la CEI vous permet d'effectuer des recherches en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...). Il donne aussi des informations sur les projets et les publications retirées ou remplacées.

- Just Published CEI: www.iec.ch/online_news/justpub

Restez informé sur les nouvelles publications de la CEI. Just Published détaille deux fois par mois les nouvelles publications parues. Disponible en-ligne et aussi par email.

- Electropedia: www.electropedia.org

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

- Service Clients: www.iec.ch/webstore/custserv/custserv_entry-f.htm

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions, visitez le FAQ du Service clients ou contactez-nous:

Email: csc@iec.ch

Tél.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00



IEC 60364-4-41

Edition 5.0 2005-12

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

GROUP SAFETY PUBLICATION

PUBLICATION GROUPEE DE SÉCURITÉ

Low-voltage electrical installations –

Part 4-41: Protection for safety – Protection against electric shock

Installations électriques à basse tension –

Partie 4-41: Protection pour assurer la sécurité – Protection contre les chocs électriques

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX



ICS 13.260; 91.140.50

ISBN 2-8318-8383-0

CONTENTS

FOREWORD.....	3
410 Introduction	5
410.1 Scope	6
410.2 Normative references	6
410.3 General requirements	7
411 Protective measure: automatic disconnection of supply	8
411.1 General	8
411.2 Requirements for basic protection	9
411.3 Requirements for fault protection	9
411.4 TN systems	11
411.5 TT systems	12
411.6 IT systems	13
411.7 Functional extra-low voltage (FELV)	15
412 Protective measure: double or reinforced insulation.....	16
412.1 General	16
412.2 Requirements for basic protection and fault protection (protection against indirect contact).....	17
413 Protective measure: electrical separation	19
413.1 General	19
413.2 Requirements for basic protection	19
413.3 Requirements for fault protection	19
414 Protective measure: extra-low-voltage provided by SELV and PELV.....	20
414.1 General	20
414.2 Requirements for basic protection and fault protection	20
414.3 Sources for SELV and PELV.....	21
414.4 Requirements for SELV and PELV circuits.....	21
415 Additional protection.....	22
415.1 Additional protection: residual current protective devices (RCDs)	23
415.2 Additional protection: supplementary protective equipotential bonding.....	23
Annex A (normative) Provisions for basic protection (protection against direct contact)	24
Annex B (normative) Obstacles and placing out of reach	26
Annex C (normative) Protective measures for application only when the installation is controlled or under the supervision of skilled or instructed persons.....	28
Annex D (informative) Correspondence between IEC 60364-4-41(2001) and the present standard.....	61
Bibliography.....	33
Figure B.1 – Zone of arm's reach	27
Table 41.1 – Maximum disconnection times	10
Table D.1 – Correspondence between IEC 60364-4-41:2001 and the present standard	61

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

LOW-VOLTAGE ELECTRICAL INSTALLATIONS –

**Part 4-41: Protection for safety –
Protection against electric shock**

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 provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with an IEC Publication.
- 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 60364-4-41 has been prepared by IEC technical committee 64: Electrical installations and protection against electric shock.

This fifth edition cancels and replaces the fourth edition, published in 2001, and constitutes a technical revision.

The main changes with respect to the previous edition are listed below:

- adoption of IEC 61140 terminology;
- layout rationalized on basis of complete protective measures (i.e. appropriate practical combinations of protective provision in normal service (direct contact protection) and protective provision in case of a fault (indirect contact protection);

- requirements of 471 and 481, which were included in the fourth edition have been rationalized
- disconnection requirements for TT systems clarified;
- IT systems considered more fully;
- requirements in certain cases for additional protection of socket-outlets by means of a 30 mA RCD, where the protective measure is automatic disconnection of supply.

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

FDIS	Report on voting
64/1489/FDIS	64/1500/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 group safety publication in accordance with IEC Guide 104.

The Part 4 series comprises the following parts under the general title *Low-voltage electrical installations*:

Part 4-41: Protection for safety – Protection against electric shock

Part 4-42: Protection for safety – Protection against thermal effects

Part 4-43: Protection for safety – Protection against overcurrent

Part 4-44: Protection for safety – Protection against voltage disturbances and electromagnetic disturbances

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

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

410 Introduction

This Part 4-41 of IEC 60364 deals with protection against electric shock as applied to electrical installations. It is based on IEC 61140 which is a basic safety standard that applies to the protection of persons and livestock. IEC 61140 is intended to give fundamental principles and requirements that are common to electrical installations and equipment or are necessary for their co-ordination.

The fundamental rule of protection against electric shock, according to IEC 61140, is that hazardous-live-parts must not be accessible and accessible conductive parts must not be hazardous live, neither under normal conditions nor under single fault conditions.

According to 4.2 of IEC 61140, protection under normal conditions is provided by basic protective provisions and protection under single fault conditions is provided by fault protective provisions. Alternatively, protection against electric shock is provided by an enhanced protective provision, which provides protection under normal conditions and under single fault conditions.

This standard has the status of a group safety publication (GSP) for protection against electric shock.

In the fourth edition of IEC 60364 (2001):

- protection under normal conditions (now designated basic protection) was referred to as protection against direct contact and
- protection under fault conditions (now designated fault protection) was referred to as protection against indirect contact.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60364-4-41:2005

LOW-VOLTAGE ELECTRICAL INSTALLATIONS –

Part 4-41: Protection for safety – Protection against electric shock

410.1 Scope

Part 4-41 of IEC 60364 specifies essential requirements regarding protection against electric shock, including basic protection (protection against direct contact) and fault protection (protection against indirect contact) of persons and livestock. It deals also with the application and co-ordination of these requirements in relation to external influences.

Requirements are also given for the application of additional protection in certain cases.

410.2 Normative references

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

IEC 60364-5-52, *Electrical installations of buildings – Part 5-52: Selection and erection of electrical equipment – Wiring systems* ¹⁾

IEC 60364-5-54, *Electrical installations of buildings – Part 5-54: Selection and erection of electrical equipment – Earthing arrangements, protective conductors and protective bonding conductors*

IEC 60364-6, *Low-voltage electrical installations – Part 6: Verification* ²⁾

IEC 60439-1, *Low-voltage switchgear and controlgear assemblies – Part 1: Type-tested and partially type-tested assemblies*

IEC 60449, *Voltage bands for electrical installations of buildings*

IEC 60614 (all parts), *Conduits for electrical installations – Specification*

IEC 61084 (all parts), *Cable trunking and ducting systems for electrical installations*

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

IEC 61386 (all parts), *Conduit systems for electrical installations*

IEC 61558-2-6, *Safety of power transformers, power supply units and similar – Part 2-6: Particular requirements for safety isolating transformers for general use*

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

1) A new edition is currently under consideration.

2) To be published.

410.3 General requirements

410.3.1 In this standard the following specification of voltages is intended unless otherwise stated:

- a.c. voltages are r.m.s.;
- d.c. voltages are ripple-free.

Ripple-free is conventionally defined as an r.m.s. ripple voltage of not more than 10 % of the d.c. component.

410.3.2 A protective measure shall consist of

- an appropriate combination of a provision for basic protection and an independent provision for fault protection, or
- an enhanced protective provision which provides both basic protection and fault protection.

Additional protection is specified as part of a protective measure under certain conditions of external influences and in certain special locations (see the corresponding Part 7 of IEC 60364).

NOTE 1 For special applications, protective measures which do not follow this concept are permitted (see 410.3.5 and 410.3.6).

NOTE 2 An example of an enhanced protective measure is reinforced insulation.

410.3.3 In each part of an installation one or more protective measures shall be applied, taking account of the conditions of external influence.

The following protective measures generally are permitted:

- automatic disconnection of supply (Clause 411),
- double or reinforced insulation (Clause 412),
- electrical separation for the supply of one item of current-using equipment (Clause 413),
- extra-low-voltage (SELV and PELV) (Clause 414).

The protective measures applied in the installation shall be considered in the selection and erection of equipment.

For particular installations see 410.3.4 to 410.3.9.

NOTE In electrical installations the most commonly used protective measure is automatic disconnection of supply.

410.3.4 For special installations or locations, the particular protective measures in the corresponding Part 7 of IEC 60364 shall be applied.

410.3.5 The protective measures, specified in Annex B, i.e. the use of obstacles and placing out of reach, shall only be used in installations accessible to

- skilled or instructed persons, or
- persons under the supervision of skilled or instructed persons.

410.3.6 The protective measures, specified in Annex C, i.e.

- non-conducting location,
- earth-free local equipotential bonding,
- electrical separation for the supply of more than one item of current-using equipment,

may be applied only when the installation is under the supervision of skilled or instructed persons so that unauthorized changes cannot be made.

410.3.7 If certain conditions of a protective measure cannot be met, supplementary provisions shall be applied so that the protective provisions together achieve the same degree of safety.

NOTE An example of the application of this rule is given in 411.7.

410.3.8 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 measures.

410.3.9 The provision for fault protection (protection against indirect contact) may be omitted for the following equipment:

- metal supports of overhead line insulators which are attached to the building and are placed out of arm's reach;
- steel reinforced concrete poles of overhead lines in which the steel reinforcement is not accessible;
- exposed-conductive-parts which, owing to their reduced dimensions (approximately 50 mm x 50 mm) or their disposition cannot be gripped or come into significant contact with a part of the human body and provided that connection with a protective conductor could only be made with difficulty or would be unreliable.

NOTE 1 This exemption applies, for example, to bolts, rivets, nameplates and cable clips.

NOTE 2 In the USA, all exposed-conductive-parts are bonded to the protective conductor.

- metal tubes or other metal enclosures protecting equipment in accordance with Clause 412.

411 Protective measure: automatic disconnection of supply

411.1 General

Automatic disconnection of supply is a protective measure in which

- basic protection is provided by basic insulation of live parts or by barriers or enclosures, in accordance with Annex A, and
- fault protection is provided by protective equipotential bonding and automatic disconnection in case of a fault in accordance with 411.3 to 411.6.

NOTE 1 Where this protective measure is applied, Class II equipment may also be used.

Where specified, additional protection is provided by a residual current protective device (RCD) with rated residual operating current not exceeding 30 mA in accordance with 415.1.

NOTE 2 Residual current monitors (RCMs) are not protective devices but they may be used to monitor residual currents in electrical installations. RCMs produce an audible or audible and visual signal when a preselected value of residual current is exceeded

411.2 Requirements for basic protection

All electrical equipment shall comply with one of the provisions for basic protection (protection against direct contact) described in Annex A or, where appropriate, Annex B.

411.3 Requirements for fault protection

411.3.1 Protective earthing and protective equipotential bonding

411.3.1.1 Protective earthing

Exposed-conductive-parts shall be connected to a protective conductor under the specific conditions for each type of system earthing as specified in 411.4 to 411.6.

Simultaneously accessible exposed-conductive-parts shall be connected to the same earthing system individually, in groups or collectively.

Conductors for protective earthing shall comply with IEC 60364-5-54.

Each circuit shall have available a protective conductor connected to the relevant earthing terminal.

411.3.1.2 Protective equipotential bonding

In each building the earthing conductor, the main earthing terminal and the following conductive parts shall be connected to the protective equipotential bonding:

- metallic pipes supplying services into the building, e.g. gas, water;
- structural extraneous-conductive-parts if accessible in normal use, metallic central heating and air-conditioning systems.
- metallic reinforcements of constructional reinforced concrete, if reasonably practicable.

Where such conductive parts originate outside the building, they shall be bonded as close as practicable to their point of entry within the building.

Conductors for protective equipotential bonding shall comply with IEC 60364-5-54.

Any metallic sheath of telecommunication cables shall be connected to the protective equipotential bonding, taking account of the requirements of the owners or operators of these cables.

411.3.2 Automatic disconnection in case of a fault

411.3.2.1 Except as provided by 411.3.2.5 and 411.3.2.6, a protective device shall automatically interrupt the supply to the line conductor of a circuit or equipment in the event of a fault of negligible impedance between the line conductor and an exposed-conductive-part or a protective conductor in the circuit or equipment within the disconnection time required in 411.3.2.2, 411.3.2.3 or 411.3.2.4.

NOTE 1 Higher values of disconnection time than those required in this subclause may be admitted in systems for electricity distribution to the public and power generation and transmission for such systems.

NOTE 2 Lower values of disconnection time may be required for special installations or locations according to the relevant Part 7 of IEC 60364.

NOTE 3 For IT systems, automatic disconnection is not usually required on the occurrence of a first fault (see 411.6.1). For the requirements for disconnection after the first fault see 411.6.4.

NOTE 4 In Belgium 411.3.2.3 is not applicable. The Belgian Wiring Rules (AREI-RGIE) do not specify differences in automatic disconnection times between distribution circuits and final circuits.

NOTE 5 In Norway for an installation forming part of an IT system and supplied from a public network, automatic disconnection at the first fault is required

411.3.2.2 The maximum disconnection time stated in Table 41.1 shall be applied to final circuits not exceeding 32 A.

Table 41.1 – Maximum disconnection times

System	$50\text{ V} < U_o \leq 120\text{ V}$ s		$120\text{ V} < U_o \leq 230\text{ V}$ s		$230\text{ V} < U_o \leq 400\text{ V}$ s		$U_o > 400\text{ V}$ s	
	a.c.	d.c.	a.c.	d.c.	a.c.	d.c.	a.c.	d.c.
TN	0,8	Note 1	0,4	5	0,2	0,4	0,1	0,1
TT	0,3	Note 1	0,2	0,4	0,07	0,2	0,04	0,1

Where in TT systems the disconnection is achieved by an overcurrent protective device and the protective equipotential bonding is connected with all extraneous-conductive-parts within the installation, the maximum disconnection times applicable to TN systems may be used.

U_o is the nominal a.c. or d.c. line to earth voltage.

NOTE 1 Disconnection may be required for reasons other than protection against electric shock.

NOTE 2 Where disconnection is provided by an RCD see Note to 411.4.4, Note 4 to 411.5.3 and Note to 411.6.4 b).

NOTE 3 In Belgium, the last column $U_o > 400\text{ V}$ is not applicable. Above 400 V, the Belgian safety curve as given in the Belgian Wiring Rules applies.

NOTE 4 In the Netherlands the maximum disconnection time stated in Table 41.1 is applied to all circuits not exceeding 32 A and all circuits supplying socket-outlets.

NOTE 5 In China the maximum disconnecting time stated in Table 41.1 is applied to final circuits which supply hand-held equipment or portable equipment.

411.3.2.3 In TN systems, a disconnection time not exceeding 5 s is permitted for distribution circuits, and for circuits not covered by 411.3.2.2.

411.3.2.4 In TT systems, a disconnection time not exceeding 1 s is permitted for distribution circuits and for circuits not covered by 411.3.2.2.

411.3.2.5 For systems with nominal voltage U_o greater than 50 V a.c. or 120 V d.c., automatic disconnection in the time required by 411.3.2.2, 411.3.2.3 or 411.3.2.4 as appropriate is not required if in the event of a fault to a protective conductor or earth, the output voltage of the source is reduced in not more than 5 s to 50 V a.c. or 120 V d.c. or less. In such cases consideration shall be given to disconnection as required for reasons other than electric shock.

411.3.2.6 If automatic disconnection according to 411.3.2.1 cannot be achieved in the time required by 411.3.2.2, 411.3.2.3, or 411.3.2.4 as appropriate, supplementary protective equipotential bonding shall be provided in accordance with 415.2.

411.3.3 Additional protection

In a.c. systems, additional protection by means of a residual current protective device (RCD) in accordance with 415.1 shall be provided for

- socket-outlets with a rated current not exceeding 20 A that are for use by ordinary persons and are intended for general use; and

NOTE 1 An exemption may be made for:

- socket-outlets for use under the supervision of skilled or instructed persons, e.g., in some commercial or industrial locations or
- a specific socket-outlet provided for connection of a particular item of equipment.

NOTE 2 In Spain and Ireland additional protection is provided for socket-outlets with a rated current up to 32 A intended for use by ordinary persons.

NOTE 3 In Belgium, every electrical installation under the supervision of ordinary persons must be protected by a RCD with a rated operating residual current not exceeding 300 mA; for circuits supplying bathrooms, washing machines, dishwashers, etc., an additional protection by means of a RCD with a rated residual operating current not exceeding 30 mA is mandatory; the above is valid for electrical installations of which the earthing resistance is lower than 30 Ω ; in case of earthing resistance higher than 30 Ω and lower than 100 Ω , additional RCDs with a rated operating residual current not exceeding 100 mA should be provided. An earthing resistance higher than 100 Ω is not permitted.

NOTE 4 In Norway all commercial and industrial companies are covered by regulations requiring procedures for qualifications and training of employees. Except for areas open for the public, socket-outlets in such locations are normally not considered to be for general use of ordinary people. Socket-outlets in dwellings and BA2 locations are intended for general use by ordinary people.

NOTE 5 In China a 30 mA RCD is not required for the socket-outlet supplying air conditioning equipment and erected in position not accessible to persons.

- mobile equipment with a current rating not exceeding 32 A for use outdoors.

411.4 TN system

411.4.1 In TN systems the integrity of the earthing of the installation depends on the reliable and effective connection of the PEN or PE conductors to earth. Where the earthing is provided from a public or other supply system, compliance with the necessary conditions external to the installation is the responsibility of the supply network operator.

NOTE 1 Examples of conditions include:

- the PEN is connected to earth at a number of points and is installed in such a way as to minimize the risk of a break in the PEN conductor;
- $R_B/R_E \leq 50/(U_0 - 50)$

where

R_B is the earth electrode resistance, in ohms, of all earth electrodes in parallel;

R_E is the minimum contact resistance with earth, in ohms, of extraneous-conductive-parts not connected to a protective conductor, through which a fault between line and earth may occur;

U_0 is the nominal a.c. r.m.s. voltage to earth, in volts.

NOTE 2 In Germany compliance with condition $R_B/R_E \leq 50 / (U_0 - 50)$ is compulsory for the supply network operator.

411.4.2 The neutral point or the midpoint of the power supply system shall be earthed. If a neutral point or midpoint is not available or not accessible, a line conductor shall be earthed.

Exposed-conductive-parts of the installation shall be connected by a protective conductor to the main earthing terminal of the installation which shall be connected to the earthed point of the power supply system.

NOTE 1 If other effective earth connections exist, it is recommended that the protective conductors also be connected to such points wherever possible. Earthing at additional points, distributed as evenly as possible, may be necessary to ensure that the potentials of protective conductors remain, in case of a fault, as near as possible to that of earth.

In large buildings such as high-rise buildings, additional earthing of protective conductors is not possible for practical reasons. In such buildings protective-equipotential-bonding between protective conductors and extraneous-conductive-parts has, however, a similar function.

NOTE 2 It is recommended that protective conductors (PE and PEN) should be earthed where they enter any buildings or premises taking account of any diverted neutral currents.

411.4.3 In fixed installations, a single conductor may serve both as a protective conductor and as a neutral conductor (PEN conductor) provided that the requirements of 543.4 of IEC 60364-5-54 are satisfied. No switching or isolating device shall be inserted in the PEN conductor.

NOTE 1 In Switzerland the main building overcurrent protective device with integrated isolating device in the PEN conductor forms the interface between the network and the installation of the building.

NOTE 2 In Norway, the use of a PEN conductor downstream of the main distribution board is not allowed.

411.4.4 The characteristics of the protective devices (see 411.4.5) and the circuit impedances shall fulfil the following requirement:

$$Z_s \times I_a \leq U_0$$

where

Z_s is the impedance in ohms (Ω) of the fault loop comprising

- the source,
- the line conductor up to the point of the fault, and
- the protective conductor between the point of the fault and the source;

I_a is the current in amperes (A) causing the automatic operation of the disconnecting device within the time specified in 411.3.2.2, or 411.3.2.3. When a residual current protective device (RCD) is used this current is the residual operating current providing disconnection in the time specified in 411.3.2.2, or 411.3.2.3:

U_0 is the nominal a.c. or d.c. line to earth voltage in volts (V).

NOTE Where compliance with this subclause is provided by an RCD, the disconnecting times in accordance with Table 41.1 relate to prospective residual fault currents significantly higher than the rated residual operating current of the RCD (typically $5 I_{\Delta n}$).

411.4.5 In TN systems, the following protective devices may be used for fault protection (protection against indirect contact):

- overcurrent protective devices;
- residual current protective devices (RCDs).

NOTE 1 Where an RCD is used for fault protection the circuit should also be protected by an overcurrent protective device in accordance with IEC 60364-4-43.

A residual current protective device (RCD) shall not be used in TN-C systems.

Where an RCD is used in a TN-C-S system, a PEN conductor shall not be used on the load side. The connection of the protective conductor to the PEN conductor shall be made on the source side of the RCD.

NOTE 2 Where discrimination between RCDs is necessary, see 535.3 of IEC 60364-5-53.

411.5 TT system

411.5.1 All exposed-conductive-parts collectively protected by the same protective device shall be connected by the protective conductors to an earth electrode common to all those parts. Where several protective devices are utilized in series, this requirement applies separately to all the exposed-conductive-parts protected by each device.

The neutral point or the mid-point of the power supply system shall be earthed. If a neutral point or mid-point is not available or not accessible, a line conductor shall be earthed.

NOTE In the Netherlands the resistance of the earth electrode should be as low as practicable, but in any case not exceeding 166 Ω .

411.5.2 Generally in TT systems, RCDs shall be used for fault protection. Alternatively, overcurrent protective devices may be used for fault protection provided a suitably low value of Z_s is permanently and reliably assured.

NOTE 1 Where an RCD is used for fault protection the circuit should also be protected by an overcurrent protective device in accordance with IEC 60364-4-43.

NOTE 2 The use of fault-voltage operated protective devices is not covered by this standard.

NOTE 3 In the Netherlands where an earthing system is used for more than one electrical installation compliance with 411.5.3 shall remain effective in case of

- any single break of the earthing system,
- failure of any residual current protective device (RCD).

411.5.3 Where a residual current protective device (RCD) is used for fault protection, the following conditions shall be fulfilled:

i) the disconnection time as required by 411.3.2.2 or 411.3.2.4, and

ii) $R_A \times I_{\Delta n} \leq 50 \text{ V}$

where

R_A is the sum of the resistance in Ω of the earth electrode and the protective conductor for the exposed conductive-parts,

$I_{\Delta n}$ is the rated residual operating current of the RCD.

NOTE 1 Fault protection is provided in this case also if the fault impedance is not negligible.

NOTE 2 Where discrimination between RCDs is necessary see 535.3 of IEC 60364-5-53.

NOTE 3 Where R_A is not known, it may be replaced by Z_s .

NOTE 4 The disconnection times in accordance with Table 41.1 relate to prospective residual fault currents significantly higher than the rated residual operating current of the RCD (typically 5 $I_{\Delta n}$).

411.5.4 Where an over-current protective device is used the following condition shall be fulfilled:

$$Z_s \times I_a \leq U_0$$

where

Z_s is the impedance in Ω of the fault loop comprising

- the source,
- the line conductor up to the point of the fault,
- the protective conductor of the exposed-conductive-parts,
- the earthing conductor;
- the earth electrode of the installation and
- the earth electrode of the source;

I_a is the current in A causing the automatic operation of the disconnecting device within the time specified in 411.3.2.2 or 411.3.2.4;

U_0 is the nominal a.c. or d.c. line to earth voltage.

411.6 IT system

411.6.1 In IT systems live parts shall be insulated from earth or connected to earth through a sufficiently high impedance. This connection may be made either at the neutral point or mid-point of the system or at an artificial neutral point. The latter may be connected directly to earth if the resulting impedance to earth is sufficiently high at the system frequency. Where no neutral point or mid-point exists, a line conductor may be connected to earth through a high impedance.

The fault current is then low in the event of a single fault to an exposed-conductive-part or to earth and automatic disconnection in accordance with 411.3.2 is not imperative provided the condition in 411.6.2 is fulfilled. Provisions shall be taken, however, to avoid risk of harmful pathophysiological effects on a person in contact with simultaneously accessible exposed-conductive-parts in the event of two faults existing simultaneously.

NOTE 1 To reduce overvoltage or to damp voltage oscillation, it may be necessary to provide earthing through impedances or artificial neutral points, and the characteristics of these should be appropriate to the requirements of the installation.

NOTE 2 In Norway, where more installations are likely to have galvanic connection to the same distribution network, all final circuits in IT installations with galvanic connection to a public IT distribution network need to be disconnected within the time specified for a TN system (see Table 41.1) in the event of a fault of negligible impedance between the line conductor and an exposed-conductive-part or a protective conductor in the circuit or equipment.

411.6.2 Exposed-conductive-parts shall be earthed individually, in groups, or collectively.

The following condition shall be fulfilled:

- in a.c. systems $R_A \times I_d \leq 50 \text{ V}$
- in d.c. systems $R_A \times I_d \leq 120 \text{ V}$

where

R_A is the sum of the resistance in Ω of the earth electrode and protective conductor for the exposed-conductive-parts;

I_d is the fault current in A of the first fault of negligible impedance between a line conductor and an exposed-conductive-part. The value of I_d takes account of leakage currents and the total earthing impedance of the electrical installation.

411.6.3 In IT systems the following monitoring devices and protective devices may be used:

- insulation monitoring devices (IMDs);
- residual current monitoring devices (RCMs)
- insulation fault location systems;
- overcurrent protective devices;
- residual current protective devices (RCDs).

NOTE Where a residual current operating device (RCD) is used, tripping of the RCD in event of a first fault cannot be excluded due to capacitive leakage currents.

411.6.3.1 In cases where an IT system is used for reasons of continuity of supply, an insulation monitoring device shall be provided to indicate the occurrence of a first fault from a live part to exposed-conductive-parts or to earth. This device shall initiate an audible and/or visual signal which shall continue as long as the fault persists.

If there are both audible and visible signals, it is permissible for the audible signal to be cancelled.

NOTE 1 It is recommended that a first fault be eliminated with the shortest practicable delay.

NOTE 2 In the Netherlands for an IT supply system used for reasons of continuity of supply, and where the system is connected to earth through an impedance (see 411.6.1), an RCM may be provided to monitor the system instead of an IMD.

411.6.3.2 Except where a protective device is installed to interrupt the supply in the event of the first earth fault, an RCM or an insulation fault location system may be provided to indicate the occurrence of a first fault from a live part to exposed-conductive-parts or to earth. This device shall initiate an audible and/or visual signal, which shall continue as long as the fault persists.

If there are both audible and visual signals it is permissible for the audible signal to be cancelled, but the visual alarm shall continue as long as the fault persists.

NOTE It is recommended that a first fault be eliminated with the shortest practicable delay.

411.6.4 After the occurrence of a first fault, conditions for automatic disconnection of supply in the event of a second fault occurring on a different live conductor shall be as follows:

- a) Where exposed-conductive-parts are interconnected by a protective conductor collectively earthed to the same earthing system, the conditions similar to a TN system apply and the following conditions shall be fulfilled where the neutral conductor is not distributed in a.c. systems and in d.c. systems where the mid-point conductor is not distributed:

$$2I_a Z_s \leq U$$

or where the neutral conductor or mid-point conductor respectively is distributed:

$$2I_a Z'_s \leq U_0$$

where

U_0 is the nominal a.c. or d.c. voltage, in V, between line conductor and neutral conductor or mid-point conductor, as appropriate;

U is the nominal a.c. or d.c. voltage in V between line conductors;

Z_s is the impedance in Ω of the fault loop comprising the line conductor and the protective conductor of the circuit;

Z'_s is the impedance in Ω of the fault loop comprising the neutral conductor and the protective conductor of the circuit;

I_a is the current in A causing operation of the protective device within the time required in 411.3.2.2 for TN systems or 411.3.2.3.

NOTE 1 The time stated in Table 41.1 of 411.3.2.2 for the TN system is applicable to IT systems with a distributed or non-distributed neutral conductor or mid-point conductor.

NOTE 2 The factor 2 in both formulas takes into account that in the event of the simultaneous occurrence of two faults, the faults may exist in different circuits.

NOTE 3 For fault loop impedance, the most severe case should be taken into account, e.g. a fault on the line conductor at the source and simultaneously another fault on the neutral conductor of a current-using equipment of the circuit considered.

- b) Where the exposed-conductive-parts are earthed in groups or individually, the following condition applies:

$$R_A \times I_a \leq 50 \text{ V}$$

where

R_A is the sum of the resistances of the earth electrode and the protective conductor to the exposed-conductive-parts,

I_a is the current causing automatic disconnection of the disconnection device in a time complying to that for TT systems in Table 41.1 of 411.3.2.2 or in a time complying to 411.3.2.4.

NOTE 4 If compliance to the requirements of b) is provided by a residual current protective device (RCD) compliance with the disconnection times required for TT systems in Table 41.1 may require residual currents significantly higher than the rated residual operating current $I_{\Delta n}$ of the RCD applied (typically $5 I_{\Delta n}$).

411.7 Functional extra-low voltage (FELV)

411.7.1 General

Where, for functional reasons, a nominal voltage not exceeding 50 V a.c. or 120 V d.c. is used but all the requirements of Clause 414 relating to SELV or to PELV are not fulfilled, and where SELV or PELV is not necessary, the supplementary provisions described in 411.7.2 and 411.7.3 shall be taken to ensure basic protection and fault protection. This combination of provisions is known as FELV.

NOTE Such conditions may, for example, be encountered when the circuit contains equipment (such as transformers, relays, remote-control switches, contactors) insufficiently insulated with respect to circuits at higher voltage.

411.7.2 Requirements for basic protection

Basic protection shall be provided by either

- basic insulation according to Clause A.1 corresponding to the nominal voltage of the primary circuit of the source, or
- barriers or enclosures in accordance with Clause A.2.

411.7.3 Requirements for fault protection

The exposed-conductive-parts of the equipment of the FELV circuit shall be connected to the protective conductor of the primary circuit of the source, provided that the primary circuit is subject to protection by automatic disconnection of supply described in 411.3 to 411.6.

411.7.4 Sources

The source of the FELV system shall be either a transformer with at least simple separation between windings or shall comply with 414.3.

NOTE If the system is supplied from a higher voltage system by equipment which does not provide at least simple separation between that system and the FELV system, such as autotransformers, potentiometers, semiconductor devices, etc., the output circuit is deemed to be an extension of the input circuit and should be protected by the protective measure applied in the input circuit.

411.7.5 Plugs and socket-outlets

Plugs and socket-outlets for FELV systems shall comply with all the following requirements:

- plugs shall not be able to enter socket-outlets of other voltage systems,
- socket-outlets shall not admit plugs of other voltage systems, and
- socket-outlets shall have a protective conductor contact.

412 Protective measure: double or reinforced insulation

412.1 General

412.1.1 Double or reinforced insulation is a protective measure in which

- basic protection is provided by basic insulation, and fault protection is provided by supplementary insulation, or
- basic and fault protection is provided by reinforced insulation between live parts and accessible parts.

NOTE This protective measure is intended to prevent the appearance of dangerous voltage on the accessible parts of electrical equipment through a fault in the basic insulation.

412.1.2 The protective measure by double or reinforced insulation is applicable in all situations, unless some limitations are given in the corresponding Part 7 of IEC 60364.

412.1.3 Where this protective measure is to be used as the sole protective measure (i.e. where a whole installation or circuit is intended to consist entirely of equipment with double insulation or reinforced insulation), it shall be verified that the installation or circuit concerned will be under effective supervision in normal use so that no change is made that would impair the effectiveness of the protective measure. This protective measure shall not therefore be applied to any circuit that includes a socket-outlet or where a user may change items of equipment without authorization.

412.2 Requirements for basic protection and fault protection

412.2.1 Electrical equipment

Where the protective measure, using double or reinforced insulation, is used for the complete installation or part of the installation, electrical equipment shall comply with one of the following subclauses:

- 412.2.1.1; or
- 412.2.1.2 and 412.2.2; or
- 412.2.1.3 and 412.2.2.

412.2.1.1 Electrical equipment shall be of the following types, and type tested and marked to the relevant standards:

- electrical equipment having double or reinforced insulation (Class II equipment);
- electrical equipment declared in the relevant product standard as equivalent to Class II, such as assemblies of electrical equipment having total insulation (see IEC 60439-1).

NOTE This equipment is identified by the symbol  reference IEC 60417-5172 (DB³:2002-10): Class II equipment.

412.2.1.2 Electrical equipment having basic insulation only shall have supplementary insulation applied in the process of erecting the electrical installation, providing a degree of safety equivalent to electrical equipment according to 412.2.1.1 and complying with 412.2.2.1 to 412.2.2.3.

NOTE The symbol  should be fixed in a visible position on the exterior and interior of the enclosure. See IEC 60417-5019 (DB: 2002-10): Protective earth (ground).

412.2.1.3 Electrical equipment having uninsulated live parts shall have reinforced insulation applied in the process of erecting the electrical installation, providing a degree of safety equivalent to electrical equipment according to 412.2.1.1 and complying with 412.2.2.2 and 412.2.2.3; such insulation being recognized only where constructional features prevent the application of double insulation.

NOTE The symbol  should be fixed in a visible position on the exterior and interior of the enclosure. IEC reference IEC 60417-5019 (DB: 2002-10): Protective earth (ground).

412.2.2 Enclosures

412.2.2.1 The electrical equipment being ready for operation, all conductive parts separated from live parts by basic insulation only, shall be contained in an insulating enclosure affording at least the degree of protection IPXXB or IP2X.

3 "DB" refers to the IEC on-line database.

412.2.2.2 The following requirements apply as specified:

- the insulating enclosure shall not be traversed by conductive parts likely to transmit a potential; and
- the insulating enclosure shall not contain any screws or other fixing means of insulating material which might need to be removed, or are likely to be removed, during installation and maintenance and whose replacement by metallic screws or other fixing means could impair the enclosure's insulation.

Where the insulating enclosure must be traversed by mechanical joints or connections (e.g. for operating handles of built-in apparatus), these should be arranged in such a way that protection against shock in case of a fault is not impaired.

412.2.2.3 Where lids or doors in the insulating enclosure can be opened without the use of a tool or key, all conductive parts which are accessible if the lid or door is open shall be behind an insulating barrier (providing a degree of protection not less than IPXXB or IP2X) preventing persons from coming unintentionally into contact with those conductive parts. This insulating barrier shall be removable only by use of a tool or key.

412.2.2.4 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 necessarily run through the enclosure in order to serve other items of electrical equipment whose supply circuit also runs 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.

Exposed-conductive-parts and intermediate parts shall not be connected to a protective conductor unless specific provision for this is made in the specifications for the equipment concerned.

412.2.2.5 The enclosure shall not adversely affect the operation of the equipment protected in this way.

412.2.3 Installation

412.2.3.1 The installation of equipment mentioned in 412.2.1 (fixing, connection of conductors, etc.) shall be effected in such a way as not to impair the protection afforded in compliance with the equipment specification.

412.2.3.2 Except where 412.1.3 applies, a circuit supplying items of Class II equipment shall have a circuit protective conductor run to and terminated at each point in wiring and at each accessory.

NOTE This requirement is intended to take account of the replacement by the user of Class II equipment by Class I equipment.

412.2.4 Wiring systems

412.2.4.1 Wiring systems installed in accordance with IEC 60364-5-52 are considered to meet the requirements of 412.2 if:

- the rated voltage of the wiring system shall be not less than the nominal voltage of the system and at least 300/500 V, and
- adequate mechanical protection of the basic insulation is provided by one or more of the following:
 - a) the non-metallic sheath of the cable, or
 - b) non-metallic trunking or ducting complying with the IEC 61084 series, or non-metallic conduit complying with either the IEC 60614 series or the IEC 61386 series.

NOTE 1 Cable product standards do not specify impulse withstand capability, however it is considered that the insulation of the cabling system is at least equivalent to the requirement in IEC 61140 for reinforced insulation.

NOTE 2 Such a wiring system should not be identified by the symbol  IEC 60417-5172 (DB:2002-10), nor by

the symbol  IEC 60417-5019 (DB:2002-10).

NOTE 3 In Italy, wiring systems installed in accordance with IEC 60364-5-52 in electrical systems with nominal voltages not higher than 690 V, are considered to meet the requirements of 412.2 if the following cables or insulated conductors are used:

- cables, provided with a non-metallic sheath, having a rated voltage one step higher than the nominal voltage of the system; or
- insulated conductors installed in insulating conduits or insulating trunkings complying with the relevant standards; or
- cables, provided with a metallic sheath, having between the conductors and the metallic sheath and between such metallic sheath and the external surface, an insulation adequate for the nominal voltage of the electrical system.

413 Protective measure: electrical separation

413.1 General

413.1.1 Electrical separation is a protective measure in which

- basic protection is provided by basic insulation of live parts or by barriers and enclosures in accordance with Annex A, and
- fault protection is provided by simple separation of the separated circuit from other circuits and from earth.

413.1.2 Except as permitted by 413.1.3, this protective measure shall be limited to the supply of one item of current-using equipment supplied from one unearthed source with simple separation.

NOTE When this protective measure is used, it is particularly important to ensure compliance of the basic insulation with the product standard.

413.1.3 Where more than one item of current-using equipment is supplied from an unearthed source with simple separation, the requirements of Clause C.3 shall be met.

413.2 Requirements for basic protection

All electrical equipment shall be subject to one of the basic protective provisions in Annex A or to the protective measure in Clause 412.

413.3 Requirements for fault protection

413.3.1 Protection by electrical separation shall be ensured by compliance with 413.3.2 to 413.3.6.

413.3.2 The separated circuit shall be supplied through a source with at least simple separation, and the voltage of the separated circuit shall not exceed 500 V.

413.3.3 Live parts of the separated circuit shall not be connected at any point to another circuit or to earth or to a protective conductor.

To ensure electrical separation, arrangements shall be such that basic insulation is achieved between circuits.

413.3.4 Flexible cables and cords shall be visible throughout any part of their length liable to mechanical damage.

413.3.5 For separated circuits the use of separate wiring systems is recommended. If separated circuits and other circuits are in the same wiring system, multi-conductor cables without metallic covering, insulated conductors in insulating conduit, insulated ducting or insulated trunking shall be used, provided that

- the rated voltage is not less than the highest nominal voltage, and
- each circuit is protected against overcurrent.

413.3.6 The exposed-conductive-parts of the separated circuit shall not be connected either to the protective conductor or exposed-conductive-parts of other circuits, or to earth.

NOTE If the exposed-conductive-parts of the separated circuit are liable to come into contact, either intentionally or fortuitously, with the exposed-conductive-parts of other circuits, protection against electric shock no longer depends solely on protection by electrical separation but on the protective provisions to which the latter exposed-conductive-parts are subject.

414 Protective measure: extra-low-voltage provided by SELV and PELV

414.1 General

414.1.1 Protection by extra-low-voltage is a protective measure which consists of either of two different extra-low-voltage systems:

- SELV; or
- PELV.

This protective measure requires:

- limitation of voltage in the SELV or PELV system to the upper limit of voltage Band I, 50 V a.c. or 120 V d.c. (see IEC 60449), and
- protective separation of the SELV or PELV system from all circuits other than SELV and PELV circuits, and basic insulation between the SELV or PELV system and other SELV or PELV systems, and
- for SELV systems only, basic insulation between the SELV system and earth.

414.1.2 The use of SELV or PELV according to Clause 414 is considered as a protective measure in all situations.

NOTE In certain cases the standards of the IEC 60364-7 series limit the value of the extra-low voltage to a value lower than 50 V a.c. or 120 V d.c..

414.2 Requirements for basic protection and fault protection

Basic protection and fault protection is deemed to be provided when

- the nominal voltage cannot exceed the upper limit of voltage Band I,
- the supply is from one of the sources listed in 414.3, and
- the conditions of 414.4 are fulfilled.

NOTE 1 If the system is supplied from a higher voltage system by equipment which provides at least simple separation between that system and the extra-low-voltage system, but which does not meet the requirements for SELV and PELV sources in 414.3, the requirements for FELV may be applicable, see 411.7.

NOTE 2 DC voltages for ELV circuits generated by a semiconductor convertor (see IEC 60146-2) require an internal a.c. voltage circuit to supply the rectifier stack. This internal a.c. voltage exceeds the d.c. voltage for physical reasons. This internal a.c. circuit is not to be considered as a higher voltage circuit within the meaning of this clause. Between internal circuits and external higher voltage circuits, protective separation is required.

NOTE 3 In d.c. systems with batteries, the battery charging and floating voltages exceed the battery nominal voltage, depending on the type of battery. This does not require any protective provisions in addition to those specified in this clause. The charging voltage should not exceed a maximum value of 75 V a.c. or 150 V d.c. as appropriate according to the environmental situation as given in Table 1 of IEC 61201:1992.

414.3 Sources for SELV and PELV

The following sources may be used for SELV and PELV systems:

414.3.1 A safety isolating transformer in accordance with IEC 61558-2-6.

414.3.2 A source of current providing a degree of safety equivalent to that of the safety isolating transformer specified in 414.3.1 (e.g. motor generator with windings providing equivalent isolation).

414.3.3 An electrochemical source (e.g. a battery) or another source independent of a higher voltage circuit (e.g. a diesel-driven generator).

414.3.4 Certain electronic devices complying with appropriate standards where provisions have been taken in order to ensure that, even in the case of an internal fault, the voltage at the outgoing terminals cannot exceed the values specified in 414.1.1. Higher voltages at the outgoing terminals are, however, permitted if it is ensured that, in case of contact with a live part or in the event of a fault between a live part and an exposed-conductive-part, the voltage at the output terminals is immediately reduced to those values or less.

NOTE 1 Examples of such devices include insulation testing equipment and monitoring devices.

NOTE 2 Where higher voltages exist at the outgoing terminals, compliance with this clause may be assumed if the voltage at the outgoing terminals is within the limits specified in 414.1.1 when measured with a voltmeter having an internal resistance of at least 3 000 Ω .

414.3.5 Mobile sources supplied at low voltage, e.g. safety isolating transformers or motor generators, shall be selected or erected in accordance with the requirements for protection by the use of double or reinforced insulation (see Clause 412).

414.4 Requirements for SELV and PELV circuits

414.4.1 SELV and PELV circuits shall have

- basic insulation between live parts and other SELV or PELV circuits, and
- protective separation from live parts of circuits not being SELV or PELV, provided by double or reinforced insulation or by basic insulation and protective screening for the highest voltage present.

SELV circuits shall have basic insulation between live parts and earth.

The PELV circuits and/or exposed-conductive-parts of equipment supplied by the PELV circuits may be earthed.

NOTE 1 In particular, protective separation is necessary between the live parts of electrical equipment such as relays, contactors, auxiliary switches, and any part of a higher voltage circuit or a FELV circuit.

NOTE 2 The earthing of PELV circuits may be achieved by a connection to earth or to an earthed protective conductor within the source itself.

414.4.2 Protective separation of wiring systems of SELV and PELV circuits from the live parts of other circuits, which have at least basic insulation, may be achieved by one of the following arrangements:

- SELV and PELV circuit conductors shall be enclosed in a non-metallic sheath or insulating enclosure in addition to basic insulation;
- SELV and PELV circuit conductors shall be separated from conductors of circuits at voltages higher than Band I by an earthed metallic sheath or earthed metallic screen;
- circuit conductors at voltages higher than Band I may be contained in a multi-conductor cable or other grouping of conductors if the SELV and PELV conductors are insulated for the highest voltage present;
- the wiring systems of other circuits are in compliance with 412.2.4.1;
- physical separation.

414.4.3 Plugs and socket-outlets in SELV and PELV systems shall comply with the following requirements:

- plugs shall not be able to enter socket-outlets of other voltage systems;
- socket-outlets shall not admit plugs of other voltage systems;
- plugs and socket-outlets in SELV systems shall not have a protective conductor contact.

414.4.4 Exposed-conductive-parts of SELV circuits shall not be connected to earth, or to protective conductors or exposed-conductive-parts of another circuit.

NOTE If the exposed-conductive-parts of SELV circuits are liable to come into contact, either fortuitously or intentionally, with the exposed-conductive-parts of other circuits, protection against electric shock no longer depends solely on protection by SELV, but also on the protective provisions to which the latter exposed-conductive-parts are subject.

414.4.5 If the nominal voltage exceeds 25 V a.c. or 60 V d.c. or if the equipment is immersed, basic protection shall be provided for SELV and PELV circuits by:

- insulation in accordance with Clause A.1, or
- barriers or enclosures in accordance with Clause A.2.

Basic protection is generally unnecessary in normal dry conditions for

- SELV circuits where the nominal voltage does not exceed 25 V a.c. or 60 V d.c.;
- PELV circuits where the nominal voltage does not exceed 25 V a.c. or 60 V d.c. and exposed-conductive-parts and/or the live parts are connected by a protective conductor to the main earthing terminal.

In all other cases, basic protection is not required if the nominal voltage of the SELV or PELV system does not exceed 12 V a.c. or 30 V d.c.

415 Additional protection

NOTE Additional protection may be specified with the protective measure under certain conditions of external influence and in certain special locations (see the corresponding Part 7 of IEC 60364).

415.1 Additional protection: residual current protective devices (RCDs)

415.1.1 The use of RCDs with a rated residual operating current not exceeding 30 mA, is recognized in a.c. systems 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.

NOTE In Hungary RCDs with rated operating current not exceeding 100 mA can be used as additional protection in installations situated outside.

415.1.2 The use of such devices is not recognized as a sole means of protection and does not obviate the need to apply one of the protective measures specified in Clause 411 to Clause 414.

415.2 Additional protection: supplementary protective equipotential bonding

NOTE 1 Supplementary protective equipotential bonding is considered as an addition to fault protection.

NOTE 2 The use of supplementary protective bonding does not exclude the need to disconnect the supply for other reasons, for example protection against fire, thermal stresses in equipment, etc.

NOTE 3 Supplementary protective bonding may involve the entire installation, a part of the installation, an item of apparatus, or a location.

NOTE 4 Additional requirements may be necessary for special locations, (see the corresponding Part 7 of IEC 60364), or for other reasons.

415.2.1 Supplementary protective equipotential bonding shall include all simultaneously accessible exposed-conductive-parts of fixed equipment and extraneous-conductive-parts including where practicable the main metallic reinforcement of constructional reinforced concrete. The equipotential bonding system shall be connected to the protective conductors of all equipment including those of socket-outlets.

415.2.2 Where doubt exists regarding the effectiveness of supplementary protective equipotential bonding, it shall be confirmed that the resistance R between simultaneously accessible exposed-conductive-parts and extraneous-conductive-parts fulfils the following condition:

$$R \leq \frac{50 \text{ V}}{I_a} \text{ in a.c. systems}$$

$$R \leq \frac{120 \text{ V}}{I_a} \text{ in d.c. systems}$$

where

I_a is the operating current in A of the protective device

- for residual current protective devices (RCDs), $I_{\Delta n}$
- for overcurrent devices, the 5 s operating current.

Annex A (normative)

Provisions for basic protection

NOTE Provisions for basic protection provide protection under normal conditions and are applied where specified as a part of the chosen protective measure.

A.1 Basic insulation of live parts

NOTE The insulation is intended to prevent contact with live parts.

Live parts shall be completely covered with insulation which can only be removed by destruction.

For equipment, the insulation shall comply with the relevant standard for the electrical equipment.

A.2 Barriers or enclosures

NOTE Barriers or enclosures are intended to prevent contact with live parts.

A.2.1 Live parts shall be inside enclosures or behind barriers providing at least the degree of protection IPXXB or IP2X except that, where larger openings occur during the replacement of parts, such as certain lampholders or fuses, or where larger openings are necessary to allow the proper functioning of equipment according to the relevant requirements for the equipment:

- suitable precautions shall be taken to prevent persons or livestock from unintentionally touching live parts, and
- it shall be ensured, as far as practicable, that persons will be aware that live parts can be touched through the opening and should not be touched intentionally, and
- the opening shall be as small as is consistent with the requirement for proper functioning and for replacement of a part.

A.2.2 Horizontal top surfaces of barriers or enclosures which are readily accessible shall provide a degree of protection of at least IPXXD or IP4X.

A.2.3 Barriers and enclosures shall be firmly secured in place and have sufficient stability and durability to maintain the required degrees of protection and appropriate separation from live parts in the known conditions of normal service, taking account of relevant external influences.

A.2.4 Where it is necessary to remove barriers or open enclosures or to remove parts of enclosures, this shall be possible only

- by the use of a key or tool, or
- after disconnection of the supply to live parts against which the barriers or enclosures afford protection, restoration of the supply being possible only after replacement or reclosure of the barriers or enclosures, or
- where an intermediate barrier providing a degree of protection of at least IPXXB or IP2X prevents contact with live parts, by the use of a key or tool to remove the intermediate barrier.

A.2.5 If, behind a barrier or in an enclosure, items of equipment are installed which may retain dangerous electrical charges after they have been switched off (capacitors, etc.), a warning label is required. Small capacitors such as those used for arc extinction, for delaying the response of relays, etc shall not be considered dangerous.

NOTE Unintentional contact is not considered dangerous if the voltage resulting from static charges fall below 120 V d.c. in less than 5 s after disconnection from the power supply.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60364-4-41:2005

Annex B (normative)

Obstacles and placing out of reach

B.1 Application

The protective measures of obstacles and placing out of reach provide basic protection only. They are for application in installations with or without fault protection that are controlled or supervised by skilled or instructed persons

The conditions of supervision under which the basic protective provisions of Annex B may be applied as part of the protective measure are given in 410.3.5.

B.2 Obstacles

NOTE Obstacles are intended to prevent unintentional contact with live parts but not intentional contact by deliberate circumvention of the obstacle.

B.2.1 Obstacles shall prevent

- unintentional bodily approach to live parts, and
- unintentional contact with live parts during the operation of live equipment in normal service.

B.2.2 Obstacles may be removed without using a key or tool but shall be secured so as to prevent unintentional removal.

B.3 Placing out of reach

NOTE Protection by placing out of reach is intended only to prevent unintentional contact with live parts.

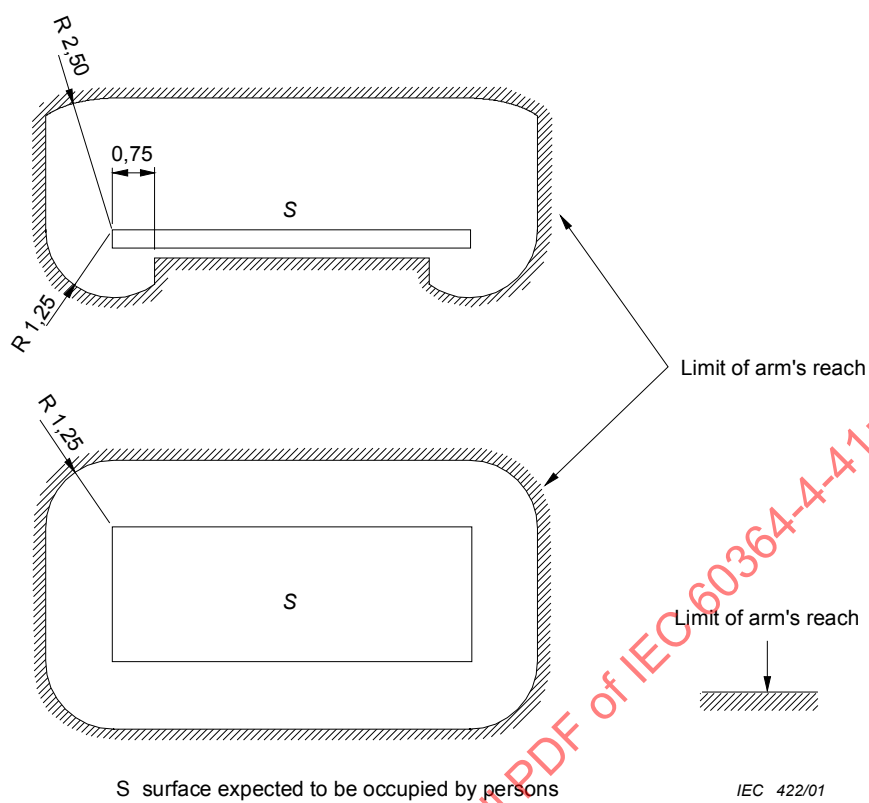
B.3.1 Simultaneously accessible parts at different potentials shall not be within arm's reach.

NOTE Two parts are deemed to be simultaneously accessible if they are not more than 2,50 m apart (see Figure B.1).

B.3.2 If a normally occupied position is restricted in the horizontal direction by an obstacle (e.g. handrail, mesh screen) affording a degree of protection less than IPXXB or IP2X, arm's reach shall extend from that obstacle. In the overhead direction, arm's reach is 2,50 m from the surface, S, not taking into account any intermediate obstacle providing a degree of protection less than IPXXB.

NOTE The values of arm's reach apply to contact directly with bare hands without assistance (e.g. tools or ladder).

B.3.3 In places where bulky or long conductive objects are normally handled, the distances required by B.3.1 and B.3.2 shall be increased, taking account of the relevant dimensions of those objects.

Dimensions in metres**Figure B.1 – Zone of arm's reach**

Annex C (normative)

Protective measures for application only when the installation is controlled or under the supervision of skilled or instructed persons

NOTE The conditions of supervision under which the fault protective provisions (protection against indirect contact) of Annex C may be applied as part of the protective measure are given in 410.3.6.

C.1 Non-conducting location

NOTE 1 This protective measure is intended to prevent simultaneous contact with parts which may be at different potential through failure of the basic insulation of live parts.

NOTE 2 In Sweden protection by means of non-conducting location is not permitted.

C.1.1 All electrical equipment shall comply with one of the provisions for basic protection described in Annex A.

C.1.2 Exposed-conductive-parts shall be arranged so that under ordinary circumstances persons will not come into simultaneous contact with

- two exposed-conductive-parts, or
- an exposed-conductive-part and any extraneous-conductive-part,

if these parts are liable to be at different potential through failure of the basic insulation of live parts.

C.1.3 In a non-conducting location there shall be no protective conductor.

C.1.4 Subclause C.1.2 is fulfilled if the location has an insulating floor and walls and one or more of the following arrangements applies:

- a) Relative spacing of exposed-conductive-parts and of extraneous-conductive-parts as well as spacing of exposed-conductive-parts.

This spacing is sufficient if the distance between two parts is not less than 2,5 m; this distance may be reduced to 1,25 m outside the zone of arm's reach.

- b) Interposition of effective obstacles between exposed-conductive-parts and extraneous-conductive-parts.

Such obstacles are sufficiently effective if they extend the distances to be surmounted to the values stated in point a) above. They shall not be connected to earth or to exposed-conductive-parts; as far as possible they shall be of insulating material.

- c) Insulation or insulating arrangements of extraneous-conductive-parts.

The insulation shall be of sufficient mechanical strength and be able to withstand a test voltage of at least 2 000 V. Leakage current shall not exceed 1 mA in normal conditions of use.

C.1.5 The resistance of insulating floors and walls at every point of measurement under the conditions specified in IEC 60364-6 shall be not less than

- 50 k Ω , where the nominal voltage of the installation does not exceed 500 V, or

- 100 k Ω , where the nominal voltage of the installation exceeds 500 V.

NOTE If at any point the resistance is less than the specified value, the floors and walls are deemed to be extraneous-conductive-parts for the purposes of protection against shock.

C.1.6 The arrangements made shall be permanent and it shall not be possible to make them ineffective. They shall also ensure protection where the use of mobile or portable equipment is envisaged.

NOTE 1 Attention is drawn to the risk that, where electrical installations are not under effective supervision, further conductive parts may be introduced at a later date (e.g. mobile or portable Class I equipment or extraneous-conductive-parts such as metallic water pipes), which may invalidate compliance with C.1.6.

NOTE 2 It is essential to ensure that the insulation of floor and walls cannot be affected by humidity.

C.1.7 Precautions shall be taken to ensure that extraneous-conductive-parts cannot cause a potential to appear externally to the location concerned.

C.2 Protection by earth-free local equipotential bonding

NOTE Earth-free local equipotential bonding is intended to prevent the appearance of a dangerous touch voltage.

C.2.1 All electrical equipment shall comply with one of the provisions for basic protection (protection against direct contact) described in Annex A.

C.2.2 Equipotential bonding conductors shall interconnect all simultaneously accessible exposed-conductive-parts and extraneous-conductive-parts.

C.2.3 The local equipotential bonding system shall not be in electrical contact with earth directly, nor through exposed-conductive-parts, nor through extraneous-conductive-parts.

NOTE Where this requirement cannot be fulfilled, protection by automatic disconnection of supply is applicable (see Clause 411).

C.2.4 Precautions shall be taken to ensure that persons entering the equipotential location cannot be exposed to a dangerous potential difference, in particular, where a conductive floor insulated from earth is connected to the earth-free equipotential bonding system.

C.3 Electrical separation for the supply of more than one item of current-using equipment

NOTE Electrical separation of an individual circuit is intended to prevent shock currents through contact with exposed-conductive-parts that may be energized by a fault in the basic insulation of the circuit.

C.3.1 All electrical equipment shall comply with one of the provisions for basic protection described in Annex A.

C.3.2 Protection by electrical separation for the supply of more than one item of apparatus shall be ensured by compliance with all the requirements of Clause 413 except 413.1.2, and with the following requirements.

C.3.3 Precautions shall be taken to protect the separated circuit from damage and insulation failure.

C.3.4 The exposed-conductive-parts of the separated circuit shall be connected together by insulated, non-earthed equipotential bonding conductors. Such conductors shall not be connected to the protective conductors or exposed-conductive-parts of other circuits or to any extraneous-conductive-parts.

NOTE See Note to 413.3.6.

C.3.5 All socket-outlets shall be provided with protective contacts which shall be connected to the equipotential bonding system provided in accordance with C.3.4.

C.3.6 Except where supplying equipment with double or reinforced insulation, all flexible cables shall embody a protective conductor for use as an equipotential bonding conductor in accordance with C.3.4.

C.3.7 It shall be ensured that if two faults affecting two exposed-conductive-parts occur and these are fed by conductors of different polarity, a protective device shall disconnect the supply in a disconnecting time conforming with Table 41.1

C.3.8 It is recommended that the product of the nominal voltage of the circuit in volts and length, in metres, of the wiring system should not exceed 100 000 Vm, and that the length of the wiring system should not exceed 500 m.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60364-4-41:2005

Annex D (informative)

Correspondence between IEC 60364-4-41:2001 and the present standard

The following table provides a list of contents of both the previous edition and the current edition of IEC 60364-4-41, indicating the changes that have occurred.

Table D.1 – Correspondence between IEC 60364-4-41:2001 and the present standard

IEC 60364-4-41:2001	Present standard
TITLE Electrical installations of buildings – Part 4-41: Protection for safety – Protection against electric shock	Low-voltage electrical installations – Part 4-41: Protection for safety – Protection against electric shock
410 Introduction	410 Introduction
410.1 Scope	410.1 Scope
410.2 Normative references	410.2 Normative references
410.3 Application of measures of protection against electric shock 410.3.1 General 410.3.2 Application of measures of protection against direct contact 410.3.3 Application of measures of protection against indirect contact 410.3.4 Application of measures of protection in relation to external influences	410.3 General requirements
411 Protection against both direct and indirect contact	414 Protective measure: extra-low-voltage provided by SELV and PELV
411.1 SELV and PELV 411.1.1 411.1.2 Sources for SELV and PELV 411.1.3 Arrangements of circuits 411.1.4 Requirements for unearthed circuits (SELV) 411.1.5 Requirements for earthed circuits (PELV)	414.1 General 414.3 Sources for SELV and PELV 414.4 Requirements for SELV and PELV circuits
411.2 Protection by limitation of energy (no requirements)	Not covered
411.3 FELV system 411.3.1 General 411.3.2 Protection against direct contact 411.3.3 Protection against indirect contact 411.3.4 Plugs and socket-outlets	411.7 Functional extra-low voltage (FELV) 411.7.1 General 411.7.2 Requirements for basic protection 411.7.3 Requirements for fault protection 411.7.5 Plugs and socket-outlets
412 Protection against direct contact	
412.1 Insulation of live parts	Annex A, Clause A.1 Basic insulation of live parts
412.2 Barriers or enclosures	Annex A, Clause A.2 Barriers or enclosures
412.3 Obstacles	Annex B, Clause B.2 Obstacles
412.4 Placing out of reach	Annex B, Clause B.3 Placing out of reach
412.5 Additional protection by residual current devices	415.1 Additional protection: residual current protective devices (RCDs)

Table D.1 (continued)

IEC 60364-4-41:2001	Present standard
413 Protection against indirect contact	
413.1 Automatic disconnection of supply 413.1.1 General 413.1.1.1 Disconnection of supply 413.1.1.2 Earthing 413.1.2 Equipotential bonding 413.1.2.1 Main equipotential bonding 413.1.2.2 Supplementary equipotential bonding 413.1.3 TN systems 413.1.4 TT systems 413.1.5 IT systems 413.1.6 Supplementary equipotential bonding 413.1.7 Requirements related to conditions of external influence	411 Protective measure: automatic disconnection of supply 411.3.2 Automatic disconnection in case of a fault 411.3.1.1 Protective earthing 411.3.1 Main protective earthing and equipotential bonding 411.3.1.2 Protective equipotential bonding 411.3.2.6 Supplementary equipotential bonding 411.4 TN systems 411.5 TT systems 411.6 IT systems 415.2 Additional protection: supplementary protective equipotential bonding No requirement
413.2 Class II equipment or equivalent insulation	412 Protective measure: double or reinforced insulation
413.3 Non-conducting location	Annex C, Clause C.1 Non-conducting location
413.4 Protection by earth-free local equipotential bonding	Annex C, Clause C.2 Protection by earth-free local equipotential bonding
413.5 Electrical separation	413 Protective measure: electrical separation Annex C, Clause C.3 Electrical separation for the supply of more than one item of current-using equipment

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60364-4-41:2005

Bibliography

IEC 60146-2, *Semiconductor convertors – Part 2: Self-commutated semiconductor converters including direct d.c. converters*

IEC 60364-4-43, *Electrical installations of buildings – Part 4-43: Protection for safety – Protection against overcurrent*

IEC 60364-5-53:2001, *Electrical installations of buildings – Part 5-53: Selection and erection of electrical equipment – Isolation, switching and control*

IEC 60364-7 (all parts), *Electrical installations of buildings. Part 7: Requirements for special installations or locations*

IEC 60417-DB-12M(2002-10), *Graphical symbols for use on equipment – 12-month subscription to online database comprising all graphical symbols published in IEC 60417*

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

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

IEC 61008-1, *Residual current operated circuit-breakers without integral overcurrent protection for household and similar uses (RCCBs) – Part 1: General rules*

IEC 61009-1, *Residual current operated circuit-breakers with integral overcurrent protection for household and similar uses (RCBOs) – Part 1: General rules*

IEC 61201:1992, *Extra-low voltage (ELV) – Limit values*

IEC 61557-8, *Electrical safety in low voltage distribution systems up to 1 000 V a.c. and 1 500 V d.c. – Equipment for testing, measuring or monitoring of protective measures – Part 8: Insulation monitoring devices for IT systems*

IEC 61557-9, *Electrical safety in low voltage distribution systems up to 1 000 V a.c. and 1 500 V d.c. – Equipment for testing, measuring or monitoring of protective measures – Part 9: Equipment for insulation fault location in IT systems*

IEC 62020, *Electrical accessories – Residual current monitors for household and similar uses (RCMs)*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	35
410 Introduction	37
410.1 Domaine d'application	38
410.2 Références normatives.....	38
410.3 Exigences générales	39
411 Mesure de protection: coupure automatique de l'alimentation	40
411.1 Généralités.....	40
411.2 Exigences pour la protection principale	41
411.3 Exigences pour la protection en cas de défaut.....	41
411.4 Schéma TN.....	43
411.5 Schéma TT.....	44
411.6 Schéma IT.....	45
411.7 Très basse tension fonctionnelle (TBTF)	47
412 Mesure de protection: isolation double ou renforcée	48
412.1 Généralités.....	48
412.2 Exigences pour la protection principale et pour la protection en cas de défaut	49
413 Mesure de protection: séparation électrique	51
413.1 Généralités.....	51
413.2 Exigences pour la protection principale.....	51
413.3 Exigences pour la protection en cas de défaut.....	51
414 Protection par très basse tension (TBTS et TBTP).....	52
414.1 Généralités.....	52
414.2 Exigences pour la protection principale et pour la protection en cas de défaut	52
414.3 Sources pour TBTS et TBTP	53
414.4 Exigences pour les circuits TBTS et TBTP	53
415 Protection complémentaire	54
415.1 Protection complémentaire par dispositifs à courant différentiel-résiduel	55
415.2 Protection complémentaire: liaison équipotentielle supplémentaire.....	55
Annexe A (normative) Dispositions pour la protection principale	56
Annexe B (normative) Obstacles et mise hors de portée	58
Annexe C (normative) Mesures de protection dans des installations sous condition de surveillance par des personnes qualifiées.....	60
Annexe D (informative) Correspondance entre la CEI 60364-4-41:2001 et la présente norme	63
Bibliographie.....	65
Figure B.1 – Volume d'accessibilité.....	59
Tableau 41.1 – Temps de coupure maximaux	42
Tableau D.1 – Correspondance entre la CEI 60364-4-41:2001 et la présente norme.....	63

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES À BASSE TENSION –

**Partie 4-41: Protection pour assurer la sécurité –
Protection contre les chocs électriques**

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI – 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 la CEI"). 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 la CEI, participent également aux travaux. La CEI 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 la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de la CEI intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; la CEI 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 la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) La CEI n'a prévu aucune procédure de marquage valant indication d'approbation et n'engage pas sa responsabilité pour les équipements déclarés conformes à une de ses Publications.
- 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 la CEI, 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 la CEI, 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 la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, 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 la CEI peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 60364-4-41 a été établie par le comité d'études 64 de la CEI: Installations électriques et protection contre les chocs électriques.

Cette cinquième édition annule et remplace la quatrième édition publiée en 2001 et constitue une révision technique.

Les principaux changements par rapport à l'édition précédente sont listés ci-dessous:

- adoption de la terminologie de la CEI 61140;
- présentation se fondant sur les mesures complètes de protection (par exemple associations pratiques de dispositions de protection en fonctionnement normal (protection contre les contacts directs) et dispositions de protection en cas de défaut (protection contre les contacts indirects);

- exigences revues de 471 et de 481 inclus dans la quatrième édition;
- exigences de coupure en schéma TT clarifiées;
- schéma IT reconsidéré;
- exigences dans certains cas de protection complémentaire des socles de prise de courant par DDR 30 mA si la mesure de protection par coupure automatique de l'alimentation est requise.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
64/1489/FDIS	64/1500/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/CEI, Partie 2.

Elle a le statut de publication groupée de sécurité en accord avec le Guide CEI 104.

La série de la Partie 4 comprend les parties suivantes sous le titre général *Installations électriques à basse tension*:

- Partie 4-41: Protection pour assurer la sécurité – Protection contre les chocs électriques
- Partie 4-42: Protection pour assurer la sécurité – Protection contre les effets thermiques
- Partie 4-43: Protection pour assurer la sécurité – Protection contre les surintensités
- Partie 4-44: Protection pour assurer la sécurité – Protection contre les perturbations de tension et les perturbations électromagnétiques

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

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

410 Introduction

La présente Partie 4-41 de la CEI 60364 traite de la protection contre les chocs électriques dans les installations électriques. Elle se fonde sur la CEI 61140 qui est une norme fondamentale de sécurité applicable à la protection des personnes et des animaux domestiques. La CEI 61140 est destinée à donner les principes et exigences essentiels communs aux installations et matériels nécessaires à leur coordination.

La règle essentielle pour la protection contre les chocs électriques, telle que définie dans la CEI 61140, est que les parties actives dangereuses ne soient pas accessibles et que les parties conductrices accessibles ne soient pas dangereuses, tant dans des conditions normales que dans des conditions de défaut simple.

Conformément à 4.2 de la CEI 61140, la protection en fonctionnement normal est assurée par des dispositions de protection principale et la protection en cas de défaut est assurée par des dispositions de protection en cas de défaut. En alternative, la protection contre les chocs électriques est assurée par une disposition de protection renforcée assurant la protection en fonctionnement normal et en cas de défaut.

La présente norme a le statut de norme de sécurité pour la protection contre les chocs électriques.

Dans la quatrième édition de la CEI 60364 (2001):

- la protection en fonctionnement normal (appelée désormais protection principale) se réfère à la protection contre les contacts directs; et
- la protection dans des conditions de défaut (appelée maintenant protection en cas de défaut) se réfère à la protection contre les contacts indirects.

INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES À BASSE TENSION –

Partie 4-41: Protection pour assurer la sécurité – Protection contre les chocs électriques

410.1 Domaine d'application

La Partie 4-41 de la CEI 60364 spécifie des exigences essentielles relatives à la protection contre les chocs électriques comprenant la protection principale (protection en fonctionnement normal) et la protection en cas de défaut (protection dans des conditions de défaut) des personnes et des animaux domestiques. Elle traite de l'application et de la coordination de ces exigences en liaison avec les conditions des influences externes.

Les exigences relatives à la protection complémentaire sont données dans certains cas.

410.2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

CEI 60364-5-52, *Installations électriques des bâtiments – Partie 5-52: Choix et mise en œuvre des matériels électriques – Canalisations* ¹⁾

CEI 60364-5-54, *Installations électriques des bâtiments – Partie 5-54: Choix et mise en œuvre des matériels électriques – Mise à la terre, conducteurs de protection et conducteurs d'équipotentialité de protection*

CEI 60364-6, *Installations électriques à basse tension – Partie 6: Vérifications* ²⁾

IEC 60439-1, *Ensembles d'appareillage à basse tension – Partie 1: Ensembles de série et ensembles dérivés de série*

CEI 60449, *Domaines de tensions des installations électriques des bâtiments*

CEI 60614 (toutes les parties), *Conduits pour installations électriques – Spécifications*

CEI 61084 (toutes les parties), *Systèmes de goulottes et de conduits profilés pour installations électriques*

CEI 61140, *Protection contre les chocs électriques – Aspects communs aux installations et aux matériels*

CEI 61386 (toutes les parties), *Systèmes de conduits pour installations électriques*

CEI 61558-2-6, *Sécurité des transformateurs, blocs d'alimentation et analogues – Partie 2-6: Règles particulières pour les transformateurs de sécurité pour usage général*

IEC Guide 104, *Elaboration des publications de sécurité et utilisation des publications fondamentales de sécurité et publications groupées de sécurité*

1) Une nouvelle édition est actuellement à l'étude.

2) A publier.

410.3 Exigences générales

410.3.1 Dans la présente norme, les désignations suivantes des tensions sont adoptées, sauf spécifications contraires:

- les tensions en courant alternatif (c.a.) sont efficaces;
- les tensions en courant continu (c.c.) sont lisses.

Le terme «lisse» est conventionnellement défini par un taux d'ondulation non supérieur à 10 % en valeur efficace d'une composante continue.

410.3.2 Une mesure de protection doit comprendre

- une association appropriée d'une disposition de protection principale et d'une disposition indépendante de protection en cas de défaut, ou
- une disposition de protection renforcée assurant à la fois une protection principale et une protection en cas de défaut.

Une protection complémentaire est définie comme une partie d'une mesure de protection dans certaines conditions d'influences externes et pour certains emplacements (voir la Partie 7 correspondante de la CEI 60364).

NOTE 1 Pour des applications particulières, des mesures de protection ne répondant pas à ce concept sont admises (voir 410.3.5 et 410.3.6).

NOTE 2 Un exemple de mesure de protection renforcée est une isolation double ou renforcée.

410.3.3 Dans chaque partie d'installation, une ou plusieurs mesures de protection doivent être prises, en tenant compte des conditions d'influences externes.

Les mesures de protection suivantes sont généralement permises:

- coupure automatique de l'alimentation (Article 411),
- isolation double ou renforcée (Article 412),
- séparation électrique pour l'alimentation d'un seul matériel (Article 413),
- TBTS ou TBTP (Article 414).

Les mesures de protection adoptées dans l'installation doivent être prises en compte lors du choix et de la mise en œuvre des matériels.

Pour les installations particulières, voir 410.3.4 à 410.3.9.

NOTE Dans les installations électriques, la mesure de protection la plus souvent utilisée est la coupure automatique de l'alimentation.

410.3.4 Pour des installations et des emplacements spéciaux, les mesures de protection particulières des parties correspondantes de la CEI 60364-7 doivent être appliquées.

410.3.5 Les mesures de protection, spécifiées à l'Annexe B, par mise en œuvre d'obstacles ou par mise hors de portée, ne peuvent être mises en œuvre que

- par des personnes qualifiées ou averties, ou
- sous la surveillance d'une personne qualifiée ou avertie.

410.3.6 Les mesures de protection, spécifiées à l'Annexe C, par exemple

- locaux non conducteurs,
- liaisons équipotentielle non reliées à la terre,
- séparation électrique pour l'alimentation de plus d'un matériel,

ne peuvent être applicables que si l'installation est sous la surveillance d'une personne qualifiée ou avertie, de manière que des modifications non permises ne puissent être faites.

410.3.7 Si certaines conditions d'une mesure de protection ne sont pas satisfaites, des dispositions complémentaires doivent être prises pour s'assurer que de telles associations de dispositions de protection fournissent le même degré de protection.

NOTE Un exemple d'application est donné en 411.7.

410.3.8 Des mesures de protection différentes appliquées dans la même installation ou la même partie d'installation, ou encore dans les matériels ne doivent pas s'influencer de manière qu'une défaillance d'une mesure de protection ne puisse annihiler les autres mesures de protection.

410.3.9 Une disposition de protection en cas de défaut (protection contre les contacts indirects) peut être omise pour les matériels suivants:

- supports métalliques des isolateurs de lignes aériennes qui sont connectées au bâtiment et sont hors de portée;
- poteaux en béton armé des lignes aériennes pour lesquels l'armure n'est pas accessible;
- masses qui, en raison de leurs dimensions réduites (environ 50 mm × 50 mm) ou de leur emplacement, ne peuvent être saisies ou venir en contact avec une partie du corps humain, sous condition qu'une connexion à un conducteur de protection ne puisse être réalisée qu'avec difficulté ou ne puisse être fiable.

NOTE 1 Cette exigence s'applique, par exemple, aux écrous, rivets, plaques d'identification et fixations de câbles.

NOTE 2 Aux Etats-Unis, toutes les masses sont connectées au conducteur de protection.

- tubes métalliques ou autres enveloppes métalliques de protection des matériels conformément à l'Article 412.

411 Mesure de protection: coupure automatique de l'alimentation

411.1 Généralités

La protection par coupure automatique de l'alimentation est une mesure de protection dans laquelle

- la protection principale est assurée par l'isolation principale des parties actives, par des barrières ou des enveloppes conformes à l'Annexe A, et
- la protection en cas de défaut est assurée par une liaison équipotentielle de protection et la coupure automatique de l'alimentation conformément à 411.3 à 411.6.

NOTE 1 Si cette mesure de protection est appliquée, des matériels de Classe II peuvent être utilisés.

Si spécifié, une protection complémentaire est assurée par un dispositif différentiel de courant différentiel-résiduel (DDR) assigné au plus égal à 30 mA conformément à 415.1.

NOTE 2 Des dispositifs de surveillance des courants de fuite (RCM) ne sont pas des dispositifs de protection mais ils peuvent être utilisés afin de surveiller les courants de fuite des installations électriques. Les RCM produisent un signal sonore ou un signal sonore et visuel lors du dépassement des valeurs présélectionnées de courant de fuite.

411.2 Exigences pour la protection principale

Tous les matériels électriques doivent faire l'objet d'une des dispositions de protection données à l'Annexe A ou, si approprié, données à l'Annexe B.

411.3 Exigences pour la protection en cas de défaut

411.3.1 Mise à la terre et liaison équipotentielle de protection

411.3.1.1 Mise à la terre

Les masses doivent être reliées à un conducteur de protection dans les conditions spécifiques du schéma des liaisons à la terre comme spécifié de 411.4 à 411.6.

Les masses simultanément accessibles doivent être reliées à la même prise de terre, individuellement, en groupes ou collectivement.

Les conducteurs de protection doivent être conformes aux exigences de la CEI 60364-5-54.

Chaque circuit doit avoir son conducteur de protection relié à la borne de terre correspondante.

411.3.1.2 Liaison équipotentielle principale

Dans chaque bâtiment, le conducteur de terre, la borne principale de terre et les éléments conducteurs suivants doivent être connectés à la liaison équipotentielle principale:

- canalisations d'alimentation à l'intérieur du bâtiment, par exemple eau, gaz;
- éléments conducteurs de la structure s'ils sont accessibles en usage normal, canalisations de chauffage central et de conditionnement d'air, s'il y a lieu;
- renforts métalliques de la construction en béton armé, s'il y a lieu.

Lorsque de tels éléments conducteurs proviennent de l'extérieur du bâtiment, ils doivent être reliés aussi près que possible de leur point d'entrée dans le bâtiment.

Les conducteurs de la liaison équipotentielle principale doivent satisfaire aux exigences de la CEI 60364-5-54.

Les gaines métalliques des câbles de communication doivent être connectées à la liaison équipotentielle principale avec l'autorisation des propriétaires ou des utilisateurs de ces câbles.

411.3.2 Coupure automatique de l'alimentation en cas de défaut

411.3.2.1 A l'exception des cas indiqués en 411.3.2.5 et 411.3.2.6, un dispositif de protection doit séparer automatiquement de l'alimentation le circuit ou le matériel en cas de défaut d'impédance négligeable entre une partie active et une masse ou un conducteur de protection dans le circuit ou le matériel, dans un temps prescrit en 411.3.2.2, 411.3.2.3 ou 411.3.2.4.

NOTE 1 Des valeurs de temps de coupure et de tension supérieures à celles prescrites dans ce paragraphe peuvent être admises dans des installations de production et de distribution d'énergie électrique.

NOTE 2 Des valeurs de temps de coupure et de tension inférieures peuvent être prescrites pour des installations ou des locaux particuliers conformément à la Partie 7 correspondante de la CEI 60364.

NOTE 3 Dans le schéma IT, la coupure automatique n'est pas prescrite en général lors d'un premier défaut (voir 411.6.1). Pour les exigences concernant la disconnection après le premier défaut, voir 411.6.4.

NOTE 4 En Belgique, 411.3.2.3 n'est pas applicable. Les règles nationales (AREI-RGIE) ne spécifient pas de différences pour les temps automatiques de coupure entre les circuits de distribution et les circuits terminaux.

NOTE 5 En Norvège, pour les installations en schéma IT alimentées par le réseau de distribution, la coupure automatique au premier défaut est obligatoire.

411.3.2.2 Les temps de coupure maximaux définis dans le Tableau 41.1 doivent être appliqués aux circuits terminaux de courant assigné ne dépassant pas 32 A.

Tableau 41.1 – Temps de coupure maximaux

Schéma	$50\text{ V} < U_o \leq 120\text{ V}$ s		$120\text{ V} < U_o \leq 230\text{ V}$ s		$230\text{ V} < U_o \leq 400\text{ V}$ s		$U_o > 400\text{ V}$ s	
	c.a.	c.c.	c.a.	c.c.	c.a.	c.c.	c.a.	c.c.
TN	0,8	Note 1	0,4	5	0,2	0,4	0,1	0,1
TT	0,3	Note 1	0,2	0,4	0,07	0,2	0,04	0,1

Si en schéma TT, le temps de coupure est satisfait par un dispositif de protection contre les surintensités et par la garantie d'une liaison équipotentielle de protection sûre dans l'installation, les temps de coupure maximaux du schéma TN peuvent être applicables.

U_o est la tension nominale simple entre phase ou terre, en courant alternatif ou en courant continu.

NOTE 1 Un temps de coupure peut être prescrit pour des raisons autres que la protection contre les chocs électriques.

NOTE 2 Si la coupure est réalisée par DDR, voir la Note à 411.4.4, la Note 4 de 411.5.3 et la Note de 411.6.4 b).

NOTE 3 En Belgique, la dernière colonne pour $U_o > 400\text{ V}$ n'est pas applicable. Au-dessus de 400 V, les courbes de sécurité sont indiquées dans les exigences nationales.

NOTE 4 Aux Pays-Bas, le temps maximal de coupure indiqué dans le Tableau 41.1 s'applique à tous les circuits alimentant des socles de prise de courant et pour les autres circuits terminaux dont le courant assigné ne dépasse pas 32 A.

NOTE 5 En Chine, le temps maximal de coupure du Tableau 41.1 s'applique aux circuits terminaux alimentant des matériels portatifs ou portables.

411.3.2.3 En schéma TN, un temps de coupure conventionnel non supérieur à 5 s est admis pour les circuits de distribution et pour les circuits non traités en 411.3.2.2.

411.3.2.4 En schéma TT, un temps de coupure conventionnel non supérieur à 1 s est admis pour les circuits de distribution et pour les circuits non traités en 411.3.2.2.

411.3.2.5 Pour des installations dont la tension assignée U_o est supérieure à 50 V c.a. ou à 120 V c.c., la coupure automatique de l'alimentation dans les temps prescrits en 411.3.2.2, 411.3.2.3 ou 411.3.2.4 n'est pas requise si, en cas de défaut du conducteur de protection ou de terre, la tension entre la source et la terre est réduite en moins de 5 s à 50 V en courant alternatif ou 120 V en courant continu ou moins. Dans de tels cas, la coupure automatique doit être considérée pour des raisons autres que celles des chocs électriques.

411.3.2.6 Si la coupure automatique conformément à 411.3.2.1 ne peut être réalisée dans les temps prescrits en 411.3.2.2, 411.3.2.3 ou 411.3.2.4, une liaison équipotentielle supplémentaire doit être prévue conformément à 415.2.

411.3.3 Protection complémentaire

En courant alternatif, une protection complémentaire par des dispositifs différentiels (DDR) doit être mise en œuvre conformément à 415.1 pour les circuits suivants:

- les socles de prise de courant de courant assigné au plus égal à 20 A destinés à être utilisés par des personnes ordinaires pour un usage général; et

NOTE 1 Une exemption peut être faite pour:

- les socles de prise de courant d'usage général sous le contrôle de personnes habilitées, par exemple dans des emplacements commerciaux ou industriels;
- des dispositifs spécifiques de connexion de matériels particuliers.

NOTE 2 En Espagne et en Irlande, une protection complémentaire est prévue pour des socles de prise de courant de courant assigné au plus égal à 32 A s'ils sont destinés à être utilisés par des personnes ordinaires.

NOTE 3 En Belgique, il faut que toute installation sous le contrôle de personnes ordinaires soit protégée par DDR de courant différentiel assigné au plus égal à 300 mA; pour les circuits alimentant les salles d'eau, les machines à laver le linge et la vaisselle, etc., une protection supplémentaire au moyen d'un DDR avec un courant différentiel assigné n'excédant pas 30 mA est obligatoire. Ces exigences sont aussi applicables pour les installations dont la valeur de la prise de terre est inférieure à 30 Ω ; dans le cas où cette valeur est supérieure à 30 Ω et inférieure à 100 Ω , il convient que des DDR complémentaires de courant différentiel assigné au plus égal à 100 mA soient prévus. Une prise de terre de valeur supérieure à 100 Ω n'est pas permise.

NOTE 4 En Norvège, les établissements commerciaux et industriels sont couverts par des textes réglementaires nécessitant des procédures de qualification et d'entraînement des employés. A l'exception de zones ouvertes au public, les socles de prise de courant dans ces emplacements ne sont normalement pas considérés comme utilisés par des personnes ordinaires. Les socles de prise de courant dans les locaux d'habitation et emplacements BA2 sont destinés à un usage général par des personnes ordinaires.

NOTE 5 En Chine, un DDR 30 mA n'est pas requis pour les prises de courant alimentant des climatiseurs non accessibles aux personnes.

- les appareils portatifs de courant assigné au plus égal à 32 A destinés à être utilisés à l'extérieur.

411.4 Schéma TN

411.4.1 En schéma TN, la fiabilité de la mise à la terre de l'installation dépend de la sûreté de la connexion des conducteurs PE ou PEN à la terre. Si la prise de terre est fournie par le réseau public ou analogue, la conformité aux conditions nécessaires est de la responsabilité du distributeur.

NOTE 1 Des exemples de ces conditions sont les suivants:

- le conducteur PEN est relié à la terre en de multiples points et est mis en œuvre de manière à minimiser le risque de rupture de ce conducteur;
- $R_B/R_E \leq 50/(U_0 - 50)$

où

R_B est la résistance de toutes les prises de terre en parallèle, en ohms;

R_E est la résistance minimale de contact des éléments conducteurs non reliés à un conducteur de protection, à travers desquels un courant de défaut phase-terre peut s'écouler, en ohms;

U_0 est la tension nominale du courant alternatif (valeur efficace) à la terre, en volts.

NOTE 2 En Allemagne, la conformité à la condition $R_B/R_E \leq 50 / (U_0 - 50)$ est obligatoire pour le distributeur du réseau.

411.4.2 Le point neutre ou le point milieu de l'alimentation doit être mis à la terre. Si un point neutre n'est pas disponible, ou n'est pas accessible, un conducteur de phase doit être mis à la terre.

Les masses de l'installation doivent être reliées par un conducteur de protection à la borne principale de l'installation, laquelle doit être reliée au point neutre de l'installation.

NOTE 1 S'il existe d'autres possibilités efficaces de mise à la terre, il est recommandé de relier le conducteur de protection en autant de points que possible. Une mise à la terre multiple, en des points régulièrement répartis, peut être nécessaire pour s'assurer que le potentiel du conducteur de protection demeure, en cas de défaut, aussi proche que possible de celui de la terre.

Dans de grands bâtiments, tels que des immeubles de grande hauteur, des mises à la terre additionnelles des conducteurs de protection ne sont pas possibles pour des raisons pratiques. Des liaisons équipotentielles entre conducteurs de protection et éléments conducteurs ont, toutefois, une fonction similaire dans de tels cas.

NOTE 2 Il est recommandé de relier les conducteurs de protection (PE et PEN) à la terre à leur point d'entrée d'un bâtiment ou établissement, en tenant compte de tout courant de point neutre dévié.

411.4.3 Dans les installations fixes, un seul conducteur peut être utilisé à la fois comme conducteur de protection et comme conducteur neutre (conducteur PEN), sous réserve que les exigences de 543.4 de la CEI 60364-5-54 soient respectées. Le conducteur PEN ne doit être ni sectionné, ni coupé.

NOTE 1 En Suisse, le disjoncteur général avec son sectionneur intégré dans le conducteur PEN constitue l'interface entre le réseau et l'installation du bâtiment.

NOTE 2 En Norvège, l'utilisation du conducteur PEN en aval du tableau général de distribution n'est pas permise.

411.4.4 Les caractéristiques des dispositifs de protection (voir 411.4.5) et les impédances des circuits doivent satisfaire la règle suivante:

$$Z_s \times I_a \leq U_0$$

où

Z_s est l'impédance, en ohms (Ω), de la boucle de défaut comprenant

- la source,
- le conducteur actif jusqu'au point de défaut;
- et le conducteur de protection entre le point de défaut et la source;

I_a est le courant assurant le fonctionnement, en ampères (A), du dispositif de coupure automatique dans le temps défini en 411.3.2.2 ou 411.3.2.3. Si le dispositif de protection est un dispositif différentiel, ce courant est le courant différentiel-résiduel assigné de ce dispositif assurant la coupure dans les temps spécifiés en 411.3.2.2 ou 411.3.2.3;

U_0 est la tension nominale entre phase et terre, valeur efficace en courant alternatif ou lisse en courant continu en volts (V).

NOTE Si la conformité à ce paragraphe est réalisée par DDR, les temps de coupure conformes au Tableau 41.1 sont relatifs aux courants de défauts résiduels prévus beaucoup plus élevés que ceux du DDR (typiquement $5 I_{\Delta n}$).

411.4.5 Dans le schéma TN, les dispositifs de protection suivants peuvent être utilisés pour la protection en cas de défaut (protection contre les contacts indirects):

- dispositifs de protection contre les surintensités;
- dispositifs de protection différentiels à courant différentiel-résiduel (DDR).

NOTE 1 Si un DDR est utilisé, il convient que le circuit soit aussi protégé par un dispositif de protection contre les surintensités conformément à la CEI 60364-4-43.

Un DDR ne doit pas être utilisé en schéma TN-C.

Lorsqu'un DDR est utilisé dans un schéma TN-C-S, un conducteur PEN ne doit pas être utilisé en aval. La liaison du conducteur de protection au conducteur PEN doit être effectuée en amont du DDR.

NOTE 2 Si une sélectivité entre DDR est nécessaire, voir 535.3 de la CEI 60364-5-53.

411.5 Schéma TT

411.5.1 Toutes les masses protégées collectivement par un même dispositif de protection doivent être connectées aux conducteurs de protection et reliées à une même prise de terre. Si plusieurs dispositifs de protection sont montés en série, cette exigence s'applique séparément à toutes les masses protégées par le même dispositif.

Le neutre ou le point milieu de l'alimentation doit être mis à la terre. Si le neutre ou le point milieu n'existe pas ou n'est pas accessible, un conducteur actif doit être mis à la terre.

NOTE Aux Pays-Bas, il convient que la résistance de la prise de terre soit aussi faible que possible et jamais supérieure à 166 Ω .

411.5.2 En général, pour le schéma TT, les dispositifs différentiels (DDR) doivent être utilisés pour la protection en cas de défaut. Autrement, des dispositifs de protection contre les surintensités peuvent être utilisés pour la protection en cas de défaut si une valeur faible appropriée de Z_s est assurée de manière permanente et fiable.

NOTE 1 Si un DDR est utilisé pour la protection en cas de défaut, il convient que le circuit soit aussi protégé contre les surintensités conformément à la CEI 60364-4-43.

NOTE 2 L'utilisation de dispositifs de protection à manque de tension n'est pas traitée dans cette norme.

NOTE 3 Aux Pays-Bas, si une prise de terre est utilisée pour plus d'une installation électrique, la conformité à 411.5.3 doit être respectée dans les cas suivants:

- rupture de la mise à la terre;
- défaillance d'un DDR.

411.5.3 Si un DDR est utilisé pour la protection en cas de défaut, la condition suivante doit être satisfaite:

i) le temps de coupure respecte 411.3.2.2 ou 411.3.2.4, et

ii) $R_A \times I_{\Delta n} \leq 50 \text{ V}$

où

R_A est la somme des résistances en Ω de la prise de terre et du conducteur de protection de mise à la terre des masses,

$I_{\Delta n}$ est le courant différentiel-résiduel assigné du dispositif de protection.

NOTE 1 La protection en cas de défaut est aussi assurée si l'impédance de boucle n'est pas négligeable.

NOTE 2 Si une sélectivité entre dispositifs différentiels est nécessaire, voir 535.3 de la CEI 60364-5-53.

NOTE 3 Si R_A n'est pas connue, elle peut être remplacée par Z_s .

NOTE 4 Les temps de coupure spécifiés dans le Tableau 41.1 peuvent se référer à des défauts différentiels prévisibles très supérieurs au courant de fonctionnement des DDR (de l'ordre de $5 I_{\Delta n}$).

411.5.4 Si un dispositif de protection contre les surintensités est utilisé, la condition suivante doit être satisfaite:

$$Z_s \times I_a \leq U_0$$

où

Z_s est l'impédance en Ω de la boucle de défaut comprenant

- la source,
- le conducteur actif jusqu'au point de défaut;
- le conducteur de protection de mise à la terre des masses;
- le conducteur de terre;
- la prise de terre de l'installation et
- la prise de terre de la source;

I_a est le courant en A assurant la coupure automatique par le dispositif de protection dans le temps prescrit en 411.3.2.2 ou 411.3.2.4;

U_0 est la tension nominale en c.a. ou c.c entre phase et terre.

411.6 Schéma IT

411.6.1 Dans le schéma IT, les parties actives doivent être isolées de la terre ou reliées à la terre à travers une impédance de valeur suffisamment élevée. Cette liaison s'effectue soit au point neutre de l'installation, soit à un point neutre artificiel qui peut être relié directement à la terre si l'impédance homopolaire correspondante a une valeur suffisante. Lorsque aucun point neutre n'existe, un conducteur de phase peut être relié à la terre à travers une impédance.

En cas d'un seul défaut à la masse ou à la terre, le courant de défaut est faible et la coupure automatique conforme à 411.3.2 n'est pas impérative si la condition de 411.6.2 est satisfaite. Toutefois, des mesures doivent être prises pour éviter un risque d'effet pathophysiologique dangereux pour une personne en contact avec des parties conductrices simultanément accessibles en cas de deux défauts simultanés.

NOTE 1 Afin de réduire les surtensions et d'amortir les oscillations, la mise à la terre par l'intermédiaire d'impédance ou de points neutres artificiels peut être nécessaire; il convient que leurs caractéristiques soient appropriées à celles de l'installation.

NOTE 2 En Norvège, il convient que tous les circuits terminaux des installations en schéma IT avec une liaison galvanique avec le réseau public de distribution soient coupés dans le temps spécifié pour le schéma TN du Tableau 41.1 dans le cas d'un défaut d'impédance négligeable entre une phase et une masse ou un conducteur de protection du circuit ou du matériel.

411.6.2 Les masses doivent être reliées à la terre, soit individuellement, soit par groupes ou ensemble.

La condition suivante doit être remplie:

- pour les réseaux à courant alternatif $R_A \times I_d \leq 50 \text{ V}$
- pour les réseaux à courant continu $R_A \times I_d \leq 120 \text{ V}$

où

R_A est la somme des résistances en Ω de la prise de terre et des conducteurs de mise à la terre des masses;

I_d est le courant de défaut, en A, en cas de premier défaut franc de faible impédance entre un conducteur de phase et une masse. La valeur de I_d tient compte des courants de fuite et de l'impédance globale de mise à la terre de l'installation électrique.

411.6.3 En schéma IT, les dispositifs de contrôle et de protection suivants peuvent être utilisés:

- contrôleurs d'isolement;
- dispositifs de surveillance des courants différentiels;
- contrôleurs d'emplacement de défaut;
- dispositifs de protection contre les surintensités;
- dispositifs de protection à courant différentiel-résiduel.

NOTE Si un dispositif de courant différentiel-résiduel est utilisé, le déclenchement du DDR en cas de premier défaut ne peut pas être exclu en raison du courant capacitif de fuite.

411.6.3.1 Dans le cas d'utilisation d'un schéma IT pour des raisons de continuité de service, un contrôleur d'isolement doit être prévu pour indiquer l'apparition d'un premier défaut d'une partie active à la masse ou à la terre. Ce dispositif doit actionner un signal sonore et/ou visuel.

Si les deux signaux sonores et visuels existent, il est permis d'annuler le signal sonore.

NOTE 1 Il est recommandé d'éliminer un premier défaut dans un délai aussi court que possible.

NOTE 2 Aux Pays-Bas, en schéma IT utilisé pour des raisons de continuité de service où le neutre est relié à la terre par une impédance (voir 411.6.1), un dispositif de recherche de défaut peut être prévu à la place d'un contrôleur permanent d'isolement.

411.6.3.2 A l'exception du cas où un dispositif de protection est mis en œuvre pour couper l'alimentation en cas de premier défaut, un dispositif de surveillance des courants différentiels ou un dispositif de localisation des défauts peut être installé pour indiquer un premier défaut entre une partie active et une masse ou la terre. Ce dispositif doit actionner un signal sonore et/ou visuel tant que le défaut existe.

Si les deux signaux sonores et visuels existent, il est permis d'annuler le signal sonore, mais le signal visuel doit persister tant que le défaut existe.

NOTE Il est recommandé d'éliminer un premier défaut dans un délai aussi court que possible.

411.6.4 Après l'apparition d'un premier défaut, les conditions de coupure automatique de l'alimentation dans l'éventualité d'un deuxième défaut dans les différents conducteurs actifs doivent être comme suit:

- a) Lorsque les masses sont interconnectées par un conducteur de protection, et collectivement mises à la terre, les conditions du schéma TN s'appliquent et la condition suivante doit être satisfaite lorsque le neutre n'est pas distribué dans des réseaux alternatifs et dans les réseaux à courant continu où le conducteur médian n'est pas distribué:

$$2I_a Z_s \leq U$$

ou, lorsque le neutre ou le conducteur médian est distribué:

$$2I_a Z'_s \leq U_0$$

où

U_0 est la tension nominale en courant alternatif ou en courant continu, en V, entre phase et neutre, ou conducteur médian, selon le cas;

U est la tension nominale, en V, entre phases, en courant alternatif ou lisse en courant continu;

Z_s est l'impédance, en Ω , de la boucle de défaut constituée du conducteur de phase et du conducteur de protection du circuit;

Z'_s est l'impédance, en Ω , de la boucle de défaut constituée du conducteur neutre et du conducteur de protection du circuit;

I_a est le courant, en A, assurant le fonctionnement du dispositif de protection dans le temps prescrit en 411.3.2.2 pour le schéma TN ou en 411.3.2.3.

NOTE 1 Le temps indiqué au Tableau 41.1 de 411.3.2.2 pour le schéma TN est applicable pour les schémas IT avec neutre distribué ou non ou des points milieu.

NOTE 2 Le facteur 2 dans les deux formules prend en compte le fait qu'en cas de défauts simultanés, les défauts peuvent exister dans les différents circuits.

NOTE 3 Pour l'impédance de la boucle de défaut, le cas le plus défavorable est pris en compte, par exemple un défaut sur un conducteur de phase au niveau de la source et un défaut simultané sur le neutre d'un matériel du circuit considéré.

- b) Lorsque des masses sont mises à la terre par groupes ou individuellement, les conditions de protection suivantes s'appliquent:

$$R_A \times I_a \leq 50 \text{ V}$$

où

R_A est la somme des résistances de la prise de terre et des conducteurs de mise à la terre des masses,

I_a est le courant assurant la coupure automatique du dispositif de protection dans un temps satisfaisant au Tableau 41.1 analogue au schéma TT de 411.3.2.2 ou au temps de 411.3.2.4.

NOTE 4 Si la conformité aux exigences de b) est satisfaite par un DDR, les temps prescrits en schéma TT dans le Tableau 41.1 peuvent nécessiter des courants résiduels très supérieurs à $I_{\Delta n}$ (typiquement 5 $I_{\Delta n}$).

411.7 Très basse tension fonctionnelle (TBTF)

411.7.1 Généralités

Lorsque, pour des raisons fonctionnelles, il est fait usage d'une tension nominale ne dépassant pas 50 V en courant alternatif ou 120 V en courant continu, mais que toutes les exigences de l'Article 414 relatives à la TBTS ou à la TBTP ne sont pas respectées, et lorsqu'une TBTS ou une TBTP n'est pas nécessaire, les mesures de protection complémentaires décrites en 411.7.2 et 411.7.3 doivent être prises pour assurer aussi bien la protection principale que la protection en cas de défaut. Cette combinaison de mesures est dénommée TBTF.

NOTE De telles conditions peuvent, par exemple, se rencontrer lorsque le circuit comporte des matériels (transformateurs, relais, térupteurs, contacteurs) ne présentant pas un isolement suffisant par rapport à des circuits à tension plus élevée.

411.7.2 Exigences pour la protection principale

La protection principale doit être assurée

- soit au moyen d'une isolation principale conformément à l'Article A.1 correspondant à la tension minimale d'essai requise pour le circuit primaire de la source;
- soit au moyen de barrières ou enveloppes satisfaisant aux conditions de l'Article A.2.

411.7.3 Exigences pour la protection en cas de défaut

Les masses des matériels TBTF doivent être reliées au conducteur de protection du circuit primaire si celui-ci fait l'objet de la mesure de protection par coupure automatique de l'alimentation conformément à 411.3 à 411.6.

411.7.4 Sources

La source d'un circuit TBTF doit être soit un transformateur à simple séparation entre circuits ou doit être conforme à 414.3.

NOTE Si le réseau est alimenté à partir d'une tension plus élevée par des matériels n'assurant pas au moins une séparation simple entre l'amont et le circuit TBT, tel qu'auto-transformateurs, potentiomètres, dispositifs à semiconducteurs, etc., le circuit de sortie est considéré comme une extension du circuit d'entrée et il convient de le protéger par la mesure de protection du circuit d'entrée.

411.7.5 Prises de courant et fiches

Les prises de courant et fiches pour des circuits TBTF doivent satisfaire aux exigences suivantes:

- les fiches ne doivent pas pouvoir entrer dans les socles alimentés sous d'autres tensions;
- les socles doivent empêcher l'introduction de fiches conçues pour d'autres tensions; et
- les socles doivent présenter un contact de protection.

412 Mesure de protection: isolation double ou renforcée

412.1 Généralités

412.1.1 L'isolation double ou renforcée est une mesure de protection dans laquelle

- la protection principale est assurée par une isolation principale; 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 et les parties accessibles.

NOTE Cette mesure est prévue pour empêcher l'apparition de tensions dangereuses sur les parties accessibles des matériels électriques lors d'un défaut de l'isolation principale.

412.1.2 La mesure de protection par isolation double ou renforcée est applicable dans toutes les situations, à moins de limitations données dans la Partie 7 correspondante de la CEI 60364.

412.1.3 Si cette mesure de protection est utilisée comme seule mesure de protection (par exemple si une installation complète ou une partie est destinée à ne comprendre que des matériels à isolation double ou renforcée), il doit être vérifié que l'installation ou le circuit concerné est sous surveillance en fonctionnement normal, de manière qu'aucune modification ne puisse affaiblir l'efficacité de la mesure de protection. Ainsi, cette mesure de protection ne doit pas être appliquée à un circuit alimentant un socle de prise de courant ou si un utilisateur peut changer des matériels sans autorisation.

412.2 Exigences pour la protection principale et pour la protection en cas de défaut

412.2.1 Matériels électriques

Si la mesure de protection par isolation double ou renforcée est utilisée pour compléter l'ensemble de l'installation ou d'une de ses parties, les matériels électriques doivent être conformes à l'un des paragraphes suivants:

- 412.2.1.1; ou
- 412.2.1.2 et 412.2.2; ou
- 412.2.1.3 et 412.2.2.

412.2.1.1 Les matériels électriques doivent être des types suivants, avoir subi les essais de type et avoir été marqués selon les règles qui leur sont applicables:

- matériels ayant une isolation double ou renforcée (matériels de la Classe II);
- ensembles déclarés dans les normes de produits comme équivalents à la Classe II, construits en usine et possédant une isolation totale (Voir la CEI 60439-1).

NOTE Ces matériels sont marqués du symbole  référence IEC 60417-5172 (DB³:2002-10): Matériel de classe II.

412.2.1.2 Une isolation supplémentaire recouvrant les matériels électriques possédant seulement une isolation principale et montée au cours de l'installation électrique; elle assure une sécurité équivalente à celle des matériels conformes à 412.2.1.1 et remplit les conditions spécifiées de 412.2.2.1 à 412.2.2.3.

NOTE Il convient que le symbole  soit apposé de manière apparente à l'extérieur et à l'intérieur de l'enveloppe. Voir IEC 60417-5019 (DB: 2002-10): Terre de protection.

412.2.1.3 Une isolation renforcée recouvrant les parties actives nues et montée au cours de l'installation électrique; elle assure une sécurité équivalente à celle des matériels électriques conformes à 412.2.1.1 et remplit les conditions spécifiées de 412.2.2.2 à 412.2.2.3; une telle isolation n'est admise que lorsque des raisons de construction ne permettent pas la réalisation de la double isolation.

NOTE Il convient que le symbole  soit apposé de manière apparente à l'extérieur et à l'intérieur de l'enveloppe. Référence IEC 60417-5019 (DB: 2002-10): Terre de protection.

412.2.2 Enveloppes

412.2.2.1 Le matériel électrique étant en état de fonctionnement, toutes les parties conductrices séparées des parties actives par une isolation principale seulement doivent être enfermées dans une enveloppe isolante possédant au moins le degré de protection IPXXB ou IP2X.

3 « DB » se réfère à la base de données « on-line » de la CEI.

412.2.2.2 Les exigences suivantes s'appliquent:

- l'enveloppe isolante ne doit pas être traversée par des parties conductrices susceptibles de propager un potentiel; et
- l'enveloppe ne doit pas comporter de vis en matière isolante dont le remplacement par une vis métallique pourrait compromettre l'isolation procurée par l'enveloppe lors de l'installation, de la maintenance ou du remplacement.

Lorsqu'il faut que l'enveloppe isolante soit traversée par des liaisons mécaniques (par exemple organes de commande d'appareils incorporés), il convient que celles-ci soient disposées de telle sorte que la protection contre les chocs électriques ne soit pas compromise.

412.2.2.3 Lorsque l'enveloppe comporte des portes ou couvercles pouvant être ouverts sans l'aide d'un outil ou d'une clé, toutes les parties conductrices qui sont accessibles lorsque la porte ou le couvercle est ouvert doivent être protégées par une barrière isolante possédant au moins le degré de protection IPXXB ou IP2X, de manière à empêcher les personnes de toucher accidentellement ces parties. Cette barrière isolante ne doit pouvoir être enlevée qu'à l'aide d'une clef ou d'un outil.

412.2.2.4 Les parties conductrices enfermées dans une enveloppe isolante ne doivent pas être reliées à un conducteur de protection. Toutefois, des dispositions peuvent être prises pour la connexion de conducteurs de protection qui passent nécessairement à travers l'enveloppe pour relier d'autres matériels électriques dont le circuit d'alimentation passe à travers l'enveloppe. A l'intérieur de l'enveloppe, de tels conducteurs et leurs bornes doivent être isolés comme des parties actives, et les bornes doivent être repérées de façon appropriée.

Les parties conductrices accessibles et les parties intermédiaires ne doivent pas être reliées à un conducteur de protection sauf si cela est prévu par les règles de construction du matériel correspondant.

412.2.2.5 L'enveloppe ne doit pas nuire aux conditions de fonctionnement du matériel ainsi protégé.

412.2.3 Mise en oeuvre

412.2.3.1 L'installation des matériels énoncés en 412.2.1 (fixation, raccordement des conducteurs, etc.) doit être effectuée de façon à ne pas nuire à la protection assurée conformément aux spécifications de ces matériels.

412.2.3.2 Sauf si 412.1.3 est applicable, un circuit alimentant des matériels de Classe II doit comporter un conducteur de protection tout au long de son parcours avec une connexion à l'extrémité de la canalisation et sur chaque accessoire.

NOTE Cette exigence est destinée à prendre en compte le remplacement par l'utilisateur de matériels de Classe II par des matériels de Classe I.

412.2.4 Canalisations

412.2.4.1 Les canalisations mises en oeuvre conformément à la CEI 60364-5-52 sont considérées comme satisfaisant aux exigences de 412.2 si:

- la tension assignée des canalisations ne doit pas inférieure à la tension nominale du système et au moins égale à 300/500 V; et
- une protection mécanique appropriée de l'isolation principale est assurée par une ou plusieurs des dispositions suivantes:
 - a) la gaine non métallique du câble, ou
 - b) le système de conduits non métalliques conforme à la série CEI 61084 ou un conduit non métallique conforme soit à la série CEI 60614 soit à la série CEI 61386.

NOTE 1 Les normes de produits ne spécifient pas de catégorie de tenue aux chocs. Toutefois, il est considéré que l'isolation d'une canalisation est au moins équivalente aux exigences de la CEI 61140 pour une isolation renforcée.

NOTE 2 Il convient qu'une telle canalisation ne soit pas identifiée par le symbole , IEC 60417-5172 (DB: 2002-10) ni par le symbole , IEC 60417-5019 (DB: 2002-10).

NOTE 3 En Italie, les canalisations mises en œuvre selon la CEI 60364-5-52 dans des installations électriques de tensions non supérieures à 690 V sont considérées comme satisfaisant à 412.2 si les câbles ou conducteurs isolés suivants sont utilisés:

- câbles sans armure métallique de tension assignée à la classe immédiatement au-dessus;
- conducteurs isolés dans des conduits ou goulottes isolants conformes à leurs normes;
- câbles avec gaine métallique présentant une isolation principale entre les conducteurs et la gaine et entre la gaine et la surface extérieure.

413 Mesure de protection: séparation électrique

413.1 Généralités

413.1.1 La séparation électrique est une mesure de protection dans laquelle

- la protection principale est assurée par une isolation principale, des barrières ou des enveloppes conformément à l'Annexe A; et
- la protection en cas de défaut est assurée par une séparation de protection entre le circuit séparé et les autres circuits et la terre.

413.1.2 A l'exception de 413.1.3, cette mesure de protection doit être limitée à l'alimentation d'un seul élément du matériel d'utilisation alimenté à partir d'une source séparée isolée de la terre.

NOTE Si cette mesure de protection est utilisée, il est particulièrement important de s'assurer de la conformité de l'isolation principale conformément à la norme.

413.1.3 Si plus d'un matériel est alimenté par une source à simple séparation isolée de la terre, les exigences de l'Article C.3 doivent être appliquées.

413.2 Exigences pour la protection principale

Tous les matériels électriques doivent faire l'objet d'une des dispositions de protection principale de l'Annexe A ou de la mesure de protection donnée à l'Article 412.

413.3 Exigences pour la protection en cas de défaut

413.3.1 La protection par séparation électrique doit être assurée en respectant les exigences énoncées de 413.3.2 à 413.3.6.

413.3.2 Le circuit séparé doit être alimenté par l'intermédiaire d'une source de séparation simple et la tension du circuit séparé ne doit pas dépasser 500 V.

413.3.3 Les parties actives du circuit séparé ne doivent avoir aucun point commun avec un autre circuit ni aucun point relié à la terre.

Pour s'assurer des dispositions relatives à la séparation électrique, une isolation principale doit être fournie entre circuits.

413.3.4 Les câbles souples doivent être visibles sur toute leur longueur susceptible de subir des dommages mécaniques.

413.3.5 Il est recommandé d'utiliser, pour les circuits séparés, des canalisations distinctes. Si on ne peut éviter d'utiliser les conducteurs d'une même canalisation pour les circuits séparés et d'autres circuits, il doit être fait usage de câbles multiconducteurs sans aucun revêtement métallique ou de conducteurs isolés posés dans des goulottes ou conduits isolants, sous réserve que

- ces câbles et conducteurs soient spécifiés pour une tension au moins égale à la tension la plus élevée mise en jeu; et
- que chaque circuit soit protégé contre les surintensités.

413.3.6 Les masses du circuit séparé ne doivent être connectées ni au conducteur de protection, ni aux masses d'autres circuits, ni à la terre.

NOTE Si les masses du circuit séparé sont susceptibles de se trouver en contact, soit de fait, soit fortuitement, avec des masses d'autres circuits, la sécurité des personnes ne repose plus sur la seule mesure de protection par séparation électrique, mais sur les mesures de protection dont ces dernières masses font l'objet.

414 Protection par très basse tension (TBTS et TBTP)

414.1 Généralités

414.1.1 La protection par très basse tension est une mesure de protection constituée par deux types différents de circuits à très basse tension:

- TBTS; ou
- TBTP

pour lesquels la protection est assurée par:

- une limitation de la tension TBTS ou TBTP à la limite supérieure du domaine de tension I: 50 V en courant alternatif et 120 V en courant continu (voir la CEI 60449); et
- une séparation de protection entre les circuits TBTS ou TBTP et tous les autres circuits autres que TBTS ou TBTP, et une isolation principale entre les circuits TBTS et TBTP et les autres circuits TBTS ou TBTP, et
- pour les seuls circuits TBTS, une isolation principale entre le circuit TBTS et la terre.

414.1.2 L'utilisation de la TBTS ou de la TBTP conformément à l'Article 414 est considérée comme une mesure de protection dans toutes les situations.

NOTE Dans certains cas, les normes de la série CEI 60364-7 limitent la valeur de la très basse tension à des valeurs inférieures à 50 V c.a. ou 120 V c.c.

414.2 Exigences pour la protection principale et pour la protection en cas de défaut

La protection principale et la protection contre les défauts sont considérées comme assurées lorsque

- la tension nominale ne peut être supérieure à la limite supérieure du domaine de tension I,
- la source d'alimentation est une des sources référencées en 414.3, et
- les conditions de 414.4 sont remplies.

NOTE 1 Lorsque le circuit est alimenté à partir d'un circuit de tension plus élevée présentant au moins une séparation simple entre ce circuit et le circuit TBT, mais ne satisfaisant pas aux exigences relatives aux sources TBTS et TBTP de 414.3, les exigences de 411.7 relatives à la TBTF peuvent être appliquées.

NOTE 2 Les tensions continues de circuits TBT générées par un convertisseur à semiconducteur (voir la CEI 60146-2) nécessitent un circuit interne à courant alternatif pour l'alimentation du redresseur. Cette tension alternative interne peut être supérieure à la tension continue pour des raisons physiques. Ce circuit alternatif interne n'est pas considéré comme un circuit à tension supérieure au sens de cet article. Entre les circuits internes et un circuit externe à tension supérieure, une séparation de protection est exigée.

NOTE 3 Dans des réseaux à courant continu avec des batteries, les tensions de charge et de flottaison peuvent dépasser la tension nominale, selon le type de batterie. Cela ne nécessite pas de mesures complémentaires de protection en plus des mesures spécifiées dans cet article. Il est recommandé que la tension de charge ne dépasse pas une valeur maximale de 75 V en courant alternatif et de 150 V en courant continu, selon les environnements tels que donnés dans le Tableau 1 de la CEI 61201:1992.

414.3 Sources pour TBTS et TBTP

Les sources suivantes peuvent être utilisées pour des circuits TBTS ou TBTP:

414.3.1 Un transformateur de sécurité conforme à la CEI 61558-2-6.

414.3.2 Une source de courant assurant un degré de sécurité équivalent à celui d'un transformateur de sécurité décrit en 414.3.1 (par exemple moteur-générateur avec enroulements présentant une séparation équivalente).

414.3.3 Une source électrochimique (piles ou accumulateurs) ou une autre source qui ne dépend pas de circuits de tension plus élevée (par exemple groupe moteur thermique-générateur).

414.3.4 Certains dispositifs électroniques conformes aux normes appropriées, dans lesquels des mesures ont été prises pour assurer que, même en cas de défaut interne de ce dispositif, la tension aux bornes de sortie ne peut être supérieure aux limites indiquées en 414.1.1. Des valeurs plus élevées peuvent être admises, si, en cas de contact, direct ou indirect, la tension aux bornes de sortie est immédiatement réduite à ces limites ou au-dessous.

NOTE 1 Des matériels d'essai d'isolement et de surveillance de l'isolement sont des exemples de tels dispositifs.

NOTE 2 Lorsque la tension aux bornes de sortie est plus élevée, la conformité à cette disposition peut être considérée si la tension aux bornes de sortie est à l'intérieur des limites spécifiées en 414.1.1 lorsqu'elle est mesurée avec un voltmètre ayant une résistance interne d'au moins 3 000 Ω .

414.3.5 Les sources mobiles alimentées à basse tension telles que transformateurs de sécurité ou groupes moteur-générateur, doivent être choisies ou installées conformément aux exigences de protection par l'emploi de l'isolation double ou renforcée (voir Article 412).

414.4 Exigences pour les circuits TBTS et TBTP

414.4.1 Les circuits TBTS et TBTP doivent présenter

- une isolation principale entre leurs parties actives et les parties actives des autres circuits TBTS ou TBTP, et
- une séparation de protection entre leurs parties actives et celles des circuits non TBTS ou TBTP, constituée par une double isolation ou une isolation renforcée ou par une isolation principale et un écran de protection dimensionnée pour la tension la plus élevée présente;

Les circuits TBTS doivent présenter une isolation principale entre leurs parties actives et la terre.

Les circuits TBTP et/ou les masses de l'équipement alimentés par des circuits TBTP peuvent être mis à la terre.

NOTE 1 En particulier, une séparation de protection est nécessaire entre les parties actives des matériels électriques, tels que les relais, les contacteurs, les interrupteurs auxiliaires, et une partie quelconque d'un circuit de tension plus élevée ou un circuit TBTF.

NOTE 2 La mise à la terre des circuits TBTP peut être réalisée par une connexion appropriée à la terre ou un conducteur de protection de terre dans la source elle-même.

414.4.2 La séparation de protection entre les canalisations des circuits TBTS et TBTP et les parties actives des autres circuits ayant une isolation de base plus faible peut être réalisée par une des dispositions suivantes:

- les conducteurs des circuits TBTS et TBTP doivent être munis, en plus de leur isolation principale, d'une gaine ou d'une enveloppe non métallique;
- les conducteurs des circuits TBTS et TBTP doivent être séparés des conducteurs à des tensions supérieures au domaine de tension I par un écran métallique relié à la terre ou par une gaine métallique reliée à la terre;
- un câble multiconducteur ou un groupement de conducteurs peut contenir des circuits à des tensions supérieures au domaine de tension I pourvu que les conducteurs des circuits TBTS et TBTP soient isolés pour la tension la plus élevée mise en jeu;
- les canalisations des autres circuits sont conformes à 412.2.4.1;
- une séparation physique est réalisée.

414.4.3 Les prises et fiches de courant pour des circuits TBTS et TBTP doivent satisfaire aux exigences suivantes:

- les fiches ne doivent pas pouvoir entrer dans les socles alimentés sous d'autres tensions;
- les socles doivent empêcher l'introduction de fiches conçues pour d'autres tensions;
- les socles et les fiches dans les circuits TBTS ne doivent pas comporter de contact de protection.

414.4.4 Les masses des circuits TBTS ne doivent pas être reliées électriquement à la terre, ni à des parties actives, ni à des conducteurs de protection appartenant à d'autres circuits.

NOTE Si des masses de circuits TBTS sont susceptibles de se trouver en contact soit de fait, soit fortuitement, avec des masses d'autres circuits, la protection contre les chocs électriques ne repose plus sur la seule mesure de protection par TBTS, mais sur les mesures de protection dont ces dernières masses font l'objet.

414.4.5 Lorsque la tension nominale du circuit est supérieure à 25 V en courant alternatif ou 60 V en courant continu, la protection principale doit être assurée pour les circuits TBTS et TBTP par:

- soit par une isolation conforme à l'Article A.1;
- soit par des barrières ou enveloppes conformes à l'Article A.2.

La protection principale n'est généralement pas nécessaire dans des conditions sèches normales pour

- les circuits TBTS dont la tension nominale ne dépasse pas 25 V a.c. ou 60 V d.c.;
- les circuits TBTP dont la tension nominale ne dépasse pas 25 V a.c. ou 60 V d.c. et si les parties actives et/ou les parties sous tension sont reliées à la borne principale de terre par des conducteurs de protection.

Dans tous les autres cas, la protection principale n'est pas nécessaire si la tension nominale des circuits TBTS ou TBTP ne dépasse pas 12 V en courant alternatif ou 30 V en courant continu.

415 Protection complémentaire

NOTE Une protection complémentaire peut être spécifiée comme une partie d'une mesure de protection dans certaines conditions d'influences externes et pour certains locaux ou emplacements (voir la Partie 7 correspondante de la CEI 60364).