

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

BASIC SAFETY PUBLICATION

PUBLICATION FONDAMENTALE DE SÉCURITÉ

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

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



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2002 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 It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.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 60364-5-54

Edition 2.0 2002-06

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

BASIC SAFETY PUBLICATION

PUBLICATION FONDAMENTALE DE SÉCURITÉ

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

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

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

S

ICS 29.020; 91.140.50

ISBN 2-8318-6409-7

CONTENTS

FOREWORD.....	3
INTRODUCTION.....	5
541 General.....	6
541.1 Scope	6
541.2 Normative references	6
541.3 Definitions	7
542 Earthing arrangements.....	8
542.1 General requirements	8
542.2 Earth electrodes	8
542.3 Earthing conductors	10
542.4 Main earthing terminal	11
543 Protective conductors.....	11
543.1 Minimum cross-sectional areas.....	11
543.2 Types of protective conductors	13
543.3 Electrical continuity of protective conductors.....	14
543.4 PEN conductors	14
543.6 Arrangement of protective conductors.....	15
543.7 Reinforced protective conductors for protective conductor currents exceeding 10 mA.....	15
544 Protective bonding conductors (equipotential bonding conductors).....	15
544.1 Protective bonding conductors for the connection to the main earthing terminal.....	15
544.2 Protective bonding conductors for supplementary bonding	15
Annex A (normative) Method for deriving the factor k in 543.1.2 (see also IEC 60724 and IEC 60949).....	16
Annex B (informative) Illustration of earthing arrangements, protective conductors and protective bonding conductors.....	19
Bibliography.....	21
Table 54.1 – Minimum size requirements for earth electrodes of commonly used material from the point of view of corrosion and mechanical strength where embedded in the soil for commonly used material.....	9
Table 54.2 – Minimum cross-sectional areas of earthing conductors buried in the soil.....	10
Table 54.3 – Minimum cross-sectional area of protective conductors	12
Table A.54.1 – Value of the parameters for different materials	16
Table A.54.2 – Values of k for insulated protective conductors not incorporated in cables, and not bunched with other cables	17
Table A.54.3 – Values of k for bare protective conductors in contact with cable covering but not bunched with other cables	17
Table A.54.4 – Values of k for protective conductors as a core incorporated in a cable, or bunched with other cables or insulated conductors	17
Table A.54.5 – Values of k for protective conductors as a metallic layer of a cable e.g. armour, metallic sheath, concentric conductor, etc.....	18
Table A.54.6 – Value of k for bare conductors where there is no risk of damage to any neighbouring material by the temperature indicated	18

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

ELECTRICAL INSTALLATIONS OF BUILDINGS –

**Part 5-54: Selection and erection of electrical equipment –
Earthing arrangements, protective conductors
and protective bonding conductors**

FOREWORD

- 1) The IEC (International Electrotechnical Commission) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of the 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, the IEC publishes International Standards. 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. The 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 the 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 National Committees.
- 3) The documents produced have the form of recommendations for international use and are published in the form of standards, technical specifications, technical reports or guides and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 4) In order to promote international unification, IEC National Committees undertake to apply IEC International Standards transparently to the maximum extent possible in their national and regional standards. Any divergence between the IEC Standard and the corresponding national or regional standard shall be clearly indicated in the latter.
- 5) The IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with one of its standards.
- 6) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this International Standard may be the subject of patent rights. The IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

IEC 60364-5-54 has been prepared by IEC technical committee 64, Electrical installations and protection against electric shock.

This second edition replaces the first edition, published in 1980, its amendment 1 (1982), as well as some clauses of IEC 60364-5-548, published in 1996, and its amendment (1998), and constitutes a technical revision.

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

FDIS	Report on voting
64/1231/FDIS	64/1249/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.

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

This publication has been drafted, as close as possible, in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 3.

Annex A forms an integral part of this standard.

Annex B is for information only.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until 2007. At this date, the publication will be

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

Withdrawn
IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60364-5-54:2002

INTRODUCTION

Clause numbering is sequential, preceded by the number of this part (e.g. 541). Numbering of figures and tables takes the number of this part followed by a sequential number, i.e. Table 54.1, 54.2, etc. Numbering of figures and tables in annexes takes the letter of the annex, followed by the number of the part, followed by a sequential number, e.g. A.54.1, A.54.2, etc.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60364-5-54:2002

Withdrawing

ELECTRICAL INSTALLATIONS OF BUILDINGS –

Part 5-54: Selection and erection of electrical equipment – Earthing arrangements, protective conductors and protective bonding conductors

541 General

541.1 Scope

This part of IEC 60364 addresses the earthing arrangements, protective conductors and protective bonding conductors in order to satisfy the safety of the electrical installation.

541.2 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 60050(195), *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 195: Earthing and protection against electric shock*

IEC 60287-1-1, *Electric cables – Calculation of the current rating – Part 1-1: Current rating equations (100 % load factor) and calculation of losses – General*

IEC 60364-4-41, *Electrical installations of buildings – Part 4-41: Protection for safety – Protection against electric shock*

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

IEC 60364-4-44, *Electrical installations of buildings – Part 4-44: Protection for safety – Protection against voltage disturbances and electromagnetic disturbances*

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

IEC 60724, *Short-circuit temperature limits of electric cables with rated voltages of 1 kV ($U_m = 1,2$ kV) and 3 kV ($U_m = 3,6$ kV)*

IEC 60853-2, *Calculation of the cyclic and emergency current rating of cables – Part 2: Cyclic rating of cables greater than 18/30 (36) kV and emergency ratings for cables of all voltages*

IEC 60909-0, *Short-circuit currents in three-phase a.c. systems – Part 0: Calculation of currents*

IEC 60949, *Calculation of thermally permissible short-circuit currents, taking into account non-adiabatic heating effects*

IEC 61024-1, *Protection of structures against lightning – Part 1: General principles*

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

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

541.3 Definitions

For the purposes of this part of IEC 60364, the definitions of IEC 61140, together with the following definitions taken from IEC 60050(195), apply.

Definitions used for earthing arrangements, protective conductors and protective bonding conductors are illustrated in annex B and listed here as follows:

541.3.1

exposed-conductive-part

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

[IEV 195-06-10]

541.3.2

main earthing terminal

(main earthing busbar)

terminal or busbar which is part of the earthing arrangement of an installation enabling the electric connection of a number of conductors for earthing purposes

[IEV 195-02-33]

541.3.3

earth electrode

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

[IEV 195-02-01]

541.3.4

protective conductor

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

[IEV 195-02-09]

541.3.5

protective bonding conductor

protective conductor provided for protective-equipotential-bonding

[IEV 195-02-10]

541.3.6

earthing conductor

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

[IEV 195-02-03]

NOTE For the purposes of this part of IEC 60364, an earthing conductor is the conductor which connects the earth electrode to a point in the equipotential bonding system, usually the main earthing terminal.

541.3.7

extraneous-conductive-part

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

[IEV 195-06-11]

542 Earthing arrangements

542.1 General requirements

542.1.1 The earthing arrangements may be used jointly or separately for protective and functional purposes according to the requirements of the electrical installation. The requirements for protective purposes shall always take precedence.

542.1.2 Where provided, earth electrodes within an installation shall be connected to the main earthing terminal using an earthing conductor.

542.1.3 Consideration shall be given to the earthing arrangements which are used in high-voltage and low-voltage systems (see IEC 60364-4-44, clause 442).

542.1.4 The requirements for earthing arrangements are intended to provide a connection to earth:

- which is reliable and suitable for the protective requirements of the installation;
- which can carry earth fault currents and protective conductor currents to earth without danger from thermal, thermo-mechanical and electromechanical stresses and from electric shock arising from these currents;
- which, if relevant, is also suitable for functional requirements.

542.2 Earth electrodes

542.2.1 Materials and dimensions of the earth electrodes shall be selected to withstand corrosion and to have adequate mechanical strength.

For commonly used materials, the common minimum sizes from the point of view of corrosion and mechanical strength for earth electrodes where embedded in the soil are given in table 54.1.

NOTE If a lightning protection system (LPS) is present, the IEC 61024-1 applies.

Table 54.1 – Common minimum sizes for earth electrodes of commonly used material from the point of view of corrosion and mechanical strength where embedded in the soil

Material	Surface	Shape	Minimum size				
			Diameter mm	Cross-sectional area mm ²	Thickness mm	Thickness of coating/sheathing	
						Individual value μm	Average value μm
Steel	Hot-dip galvanized ^a or Stainless ^{a, b}	Strip ^c		90	3	63	70
		Sections		90	3	63	70
		Round rod for deep earth electrodes	16			63	70
		Round wire for surface electrode ^g	10				50 ^e
		Pipe	25		2	47	55
	Copper- sheathed	Round rod for deep earth electrode	15			2 000	
	With electro- deposited copper coating	Round rod for deep earth electrode	14			90	100
Copper	Bare ^a	Strip		50	2		
		Round wire for surface electrode ^g		25 ^f			
		Rope	1,8 for individual strands of wire	25			
		Pipe	20		2		
	Tin-coated	Rope	1,8 for individual strands of wire	25		1	5
	Zinc-coated	Strip ^d		50	2	20	40

^a Can also be used for electrodes to be embedded in concrete.

^b No coating applied.

^c As rolled strip or slit strip with rounded edges.

^d Strip with rounded edges.

^e In the case of continuous bath-coating, only 50 μm thickness is technically feasible at present.

^f Where experience shows that the risk of corrosion and mechanical damage is extremely low, 16 mm² can be used.

^g An earth electrode is considered to be a surface electrode when installed at a depth not exceeding 0,5 m.

542.2.2 The efficacy of any earth electrode depends upon local soil conditions. One or more earth electrodes suitable for the soil conditions and the value of resistance to earth required, shall be selected.

542.2.3 The following are examples of earth electrodes which may be used:

- underground structural networks embedded in foundations (foundation earthing);
- plates;
- metal reinforcement of concrete (except pre-stressed concrete) embedded in the earth;
- rods or pipes;
- tapes or wires;
- metal sheaths and other metal coverings of cables according to local conditions or requirements;
- other suitable underground metalwork according to local conditions or requirements.

NOTE 1 In Austria, Belgium, Finland, France, Germany, Sweden, Switzerland and the UK, water pipes are not permitted as earth electrodes.

NOTE 2 In Italy it is permitted to use a water pipe system, but only with the consent of the water distributor.

542.2.4 When selecting type and embedded depth of earth electrode, consideration shall be given to local conditions and regulations so that soil drying and freezing will be unlikely to increase the earth resistance of the earth electrode to such a value that would impair the protective measures against electric shock (see IEC 60364-4-41).

NOTE In Germany, there is an obligation to erect in every new building a foundation earth electrode according to National Standard DIN 18014.

542.2.5 Consideration shall be given to electrolytic corrosion when using different materials in an earthing arrangement.

542.2.6 A metallic pipe for flammable liquids or gases shall not be used as an earth electrode.

NOTE This requirement does not preclude the protective bonding of such pipes for compliance with IEC 60364-4-41.

542.3 Earthing conductors

542.3.1 Earthing conductors shall comply with 543.1 and where buried in the soil, their cross-sectional areas shall be in accordance with table 54.2.

In TN systems, where no noticeable fault current is expected to pass in the earth electrode, the earthing conductor may be dimensioned according to 544.1.1

Table 54.2 – Minimum cross-sectional areas of earthing conductors buried in the soil

	Mechanically protected	Mechanically unprotected
Protected against corrosion	2,5 mm ² Cu 10 mm ² Fe	16 mm ² Cu 16 mm ² Fe
Not protected against corrosion	25 mm ² Cu 50 mm ² Fe	

542.3.2 The connection of an earthing conductor to an earth electrode shall be soundly made and electrically satisfactory. The connection shall be by exothermic welding, pressure connectors, clamps or other mechanical connectors. Mechanical connectors shall be installed in accordance with the manufacturer's instructions. Where a clamp is used, it shall not damage the electrode or the earthing conductor.

NOTE Connection devices or fittings that depend solely on solder, do not reliably provide adequate mechanical strength.

542.4 Main earthing terminal

542.4.1 In every installation where protective bonding is used, a main earthing terminal shall be provided and the following shall be connected to it:

- protective bonding conductors;
- earthing conductors;
- protective conductors;
- functional earthing conductors, if relevant.

NOTE 1 It is not intended to connect every individual protective conductor directly to the main earthing terminal when they are connected to this terminal by other protective conductors.

NOTE 2 The main earthing terminal of the building can generally be used for functional earthing purposes. For information technology purposes, it is then regarded as the connection point to the earth electrode network.

542.4.2 Each conductor connected to the main earthing terminal shall be able to be disconnected individually. This connection shall be reliable and disconnectable only by means of a tool.

NOTE Disconnection means may conveniently be combined with the main earthing terminal, to permit measurement of the resistance of the earthing arrangements.

543 Protective conductors

543.1 Minimum cross-sectional areas

543.1.1 The cross-sectional area of every protective conductor shall satisfy the conditions for automatic disconnection of supply required in clause 413.1 of IEC 60364-4-41 and be capable of withstanding the prospective fault current.

The cross-sectional area of the protective conductor shall either be calculated in accordance with 543.1.2, or selected in accordance with table 54.3. In either case, the requirements of 543.1.3 shall be taken into account.

Terminals for protective conductors shall be capable of accepting conductors of dimensions required by this subclause.

Table 54.3 – Minimum cross-sectional area of protective conductors

Cross-sectional area of line conductor S mm ²	Minimum cross-sectional area of the corresponding protective conductor mm ²	
	If the protective conductor is of the same material as the line conductor	If the protective conductor is not of the same material as the line conductor
$S \leq 16$	S	$\frac{k_1}{k_2} \times S$
$16 < S \leq 35$	16^a	$\frac{k_1}{k_2} \times 16$
$S > 35$	$\frac{S^a}{2}$	$\frac{k_1}{k_2} \times \frac{S}{2}$
where k_1 is the value of k for the line conductor, selected from table A.54.1 or from the tables in IEC 60364-4-43, according to the materials of the conductor and insulation; k_2 is the value of k for the protective conductor, selected from tables A.54.2 to A.54.6 as applicable.		
^a For a PEN conductor, the reduction of the cross-sectional area is permitted only in accordance with the rules for sizing of the neutral conductor (see IEC 60364-5-52).		

543.1.2 The cross-sectional areas of protective conductors shall not be less than the value determined either:

- in accordance with IEC 60949;
- or by the following formula applicable only for disconnection times not exceeding 5 s:

$$S = \sqrt{\frac{I^2 t}{k}}$$

where

S is the cross-sectional area, in mm²;

I is the value (r.m.s) in A of prospective fault current for a fault of negligible impedance, which can flow through the protective device (see IEC 60909-0);

t is the operating time of the protective device for automatic disconnection in s;

NOTE 1 Account should be taken of the current-limiting effect of the circuit impedances and the limitation of $I^2 t$ of the protective device.

k is the factor dependent on the material of the protective conductor, the insulation and other parts and the initial and the final temperatures (for calculation of k , see annex A).

If application of the formula produces non-standard sizes, conductors of a higher standard cross-sectional area shall be used.

NOTE 2 For limitations of temperatures for installations in potentially explosive atmospheres, see IEC 60079-0.

NOTE 3 As the metallic sheaths of mineral insulated cables according to IEC 60702-1 have an earth fault capacity greater than that of the line conductors, it is not necessary to calculate the cross-sectional area of the metallic sheaths when used as protective conductors.

543.1.3 The cross-sectional area of every protective conductor which does not form part of the cable or which is not in a common enclosure with the line conductor shall be not less than

- 2,5 mm² Cu/16 mm² Al if protection against mechanical damage is provided,
- 4 mm² Cu/16 mm² Al if protection against mechanical damage is not provided.

543.1.4 Where a protective conductor is common to two or more circuits, its cross-sectional area shall be dimensioned as follows:

- calculated in accordance with 543.1.1 for the most onerous prospective fault current and operating time encountered in these circuits; or
- selected in accordance with table 54.3 so as to correspond to the cross-sectional area of the largest line conductor of the circuits.

543.2 Types of protective conductors

543.2.1 Protective conductors may consist of one or more of the following:

- conductors in multicore cables;
- insulated or bare conductors in a common enclosure with live conductors;
- fixed installed bare or insulated conductors;
- metallic cable sheath, cable screen, cable armour, wirebraid, concentric conductor, metallic conduit, subject to the conditions stated in 543.2.2. a) and b).

NOTE 1 In China, Italy, the UK and the USA, cable tray and cable ladder are permitted as protective conductors in accordance with local or national regulations or standards.

NOTE 2 See 543.6 for their arrangement.

543.2.2 Where the installation contains equipment having metal enclosures such as low-voltage switchgear and controlgear assemblies or busbar trunking systems, the metal enclosures or frames may be used as protective conductors if they simultaneously satisfy the following three requirements:

- a) their electrical continuity shall be assured by construction or by suitable connection so as to ensure protection against mechanical, chemical or electrochemical deterioration;
- b) they comply with the requirement of clause 543.1;
- c) they shall permit the connection of other protective conductors at every predetermined tap off point.

543.2.3 The following metal parts are not permitted for use as protective conductor or as protective bonding conductors:

- metallic water pipes;
- pipes containing flammable gases or liquids;
- constructional parts subject to mechanical stress in normal service;
- flexible or pliable metal conduits, unless designed for that purpose;
- flexible metal parts;
- support wires.

NOTE 1 In the UK, water pipes may be used as protective conductors. If water meters are bonded across, the bonding conductor should be of appropriate cross-sectional area according to its use.

NOTE 2 In Switzerland, metallic water pipes may be used as an equipotential bonding conductor.

543.3 Electrical continuity of protective conductors

543.3.1 Protective conductors shall be suitably protected against mechanical damage, chemical or electrochemical deterioration, electrodynamic forces and thermodynamic forces.

543.3.2 Joints in protective conductors shall be accessible for inspection and testing except for

- compound-filled joints,
- encapsulated joints,
- joints in metal conduits and trunking
- joints forming part of equipment, complying with equipment standards.

543.3.3 No switching device shall be inserted in the protective conductor, but joints which can be disconnected for test purposes by use of a tool may be provided.

543.3.4 Where electrical monitoring of earthing is used, no dedicated devices (e.g. operating sensors, coils) shall be connected in series in protective conductors.

543.3.5 Exposed-conductive-parts of apparatus shall not be used to form part of the protective conductor for other equipment except as allowed by 543.2.2.

543.4 PEN conductors

543.4.1 A PEN conductor may only be used in fixed electrical installations and, for mechanical reasons, shall have a cross-sectional area not less than 10 mm² in copper or 16 mm² in aluminium.

543.4.2 The PEN conductor shall be insulated for the highest voltage to which it may be subjected.

NOTE The use of insulation on the PEN conductor inside equipment should be considered by the relevant equipment committee.

543.4.3 If, from any point of the installation, the neutral and protective functions are provided by separate conductors, it is not permitted to connect the neutral conductor to any other earthed part of the installation (e.g. protective conductor from the PEN conductor). However, it is permitted to form more than one neutral conductor and more than one protective conductor from the PEN conductor. Separate terminals or bars may be provided for the protective and neutral conductors. In this case, the PEN conductor shall be connected to the terminal or bar intended for the protective conductor.

543.4.4 Extraneous-conductive-parts shall not be used as PEN conductors.

543.5 Combined protective and functional earthing

543.5.1 Where a combined protective and functional earthing conductor is used, it shall satisfy the requirements for a protective conductor. In addition, it shall also comply with the relevant functional requirements (see IEC 60364-4-44, clause 444).

A d.c. return conductor PEL or PEM for an information technology power supply may also serve as a combined functional earthing and protective conductor.

543.5.2 Extraneous-conductive-parts shall not be used as PEL or PEM.

543.6 Arrangement of protective conductors

When overcurrent protective devices are used for protection against electric shock, the protective conductor shall be incorporated in the same wiring system as the live conductors or be located in their immediate proximity.

543.7 Reinforced protective conductors for protective conductor currents exceeding 10 mA

For current using equipment intended for permanent connection and with a protective conductor current exceeding 10 mA, reinforced protective conductors shall be designed as follows:

- either the protective conductor shall have a cross-sectional area of at least 10 mm² Cu or 16 mm² Al, through its total run;

NOTE 1 PEN conductor in accordance with 543.4 complies with this requirement.

- or a second protective conductor of at least the same cross-sectional area as required for protection against indirect contact shall be laid up to a point where the protective conductor has a cross-sectional area not less than 10 mm² Cu or 16 mm² Al. This requires that the appliance has a separate terminal for a second protective conductor;

NOTE 2 In TN-C systems where the neutral and protective conductors are combined in a single conductor (PEN conductor) up to the equipment terminals, protective conductor current may be treated as load current.

NOTE 3 Current-using equipment normally having high protective conductor current may not be compatible with installations incorporating residual current protective devices.

544 Protective bonding conductors (equipotential bonding conductors)

544.1 Protective bonding conductors for the connection to the main earthing terminal

544.1.1 The cross-sectional area of protective bonding conductors which are provided for the main equipotential bonding according to 413.1.2.1 of IEC 60364-4-41 and which are connected to the main earthing terminal according to 542.4 shall not be less than:

- 6 mm² copper; or
- 16 mm² aluminium; or
- 50 mm² steel.

544.2 Protective bonding conductors for supplementary bonding

544.2.1 A protective bonding conductor connecting two exposed-conductive-parts shall have a conductance not less than that of the smaller protective conductor connected to the exposed conductive parts.

544.2.2 A protective bonding conductor connecting exposed-conductive-parts to extraneous-conductive-parts shall have a conductance not less than half of that of the cross-sectional area of the corresponding protective conductor.

544.2.3 Subclause 543.1.3 shall be complied with.

Annex A (normative)

Method for deriving the factor k in 543.1.2 (see also IEC 60724 and IEC 60949)

The factor k is determined from the following formula:

$$k = \sqrt{\frac{Q_c(\beta + 20^\circ\text{C})}{\rho_{20}} \ln \left(1 + \frac{\theta_f - \theta_i}{\beta + \theta_i} \right)}$$

where

Q_c is the volumetric heat capacity of conductor material ($\text{J}/^\circ\text{C mm}^3$) at 20°C ;

β is the reciprocal of temperature coefficient of resistivity at 0°C for the conductor ($^\circ\text{C}$);

ρ_{20} is the electrical resistivity of conductor material at 20°C ($\Omega \text{ mm}$);

θ_i initial temperature of conductor ($^\circ\text{C}$);

θ_f final temperature of conductor ($^\circ\text{C}$).

Table A.54.1 – Value of parameters for different materials

Material	β^a $^\circ\text{C}$	Q_c^b $\text{J}/^\circ\text{C mm}^3$	ρ_{20} $\Omega \text{ mm}$	$\sqrt{\frac{Q_c(\beta + 20^\circ\text{C})}{\rho_{20}}}$ $\text{A}\sqrt{\text{s/mm}^2}$
Copper	234,5	$3,45 \times 10^{-3}$	$17,241 \times 10^{-6}$	226
Aluminium	228	$2,5 \times 10^{-3}$	$28,264 \times 10^{-6}$	148
Lead	230	$1,45 \times 10^{-3}$	214×10^{-6}	41
Steel	202	$3,8 \times 10^{-3}$	138×10^{-6}	78
^a Values taken from table 1 of IEC 60287-1-1.				
^b Values taken from table E2 of IEC 60853-2.				

Table A.54.2 – Values of k for insulated protective conductors not incorporated in cables and not bunched with other cables

Conductor insulation	Temperature °C ^b		Material of conductor		
			Copper	Aluminium	Steel
	Initial	Final	Values for k ^c		
70 °C PVC	30	160/140 ^a	143/133 ^a	95/88 ^a	52/49 ^a
90 °C PVC	30	160/140 ^a	143/133 ^a	95/88 ^a	52/49 ^a
90 °C thermosetting	30	250	176	116	64
60 °C rubber	30	200	159	105	58
85 °C rubber	30	220	166	110	60
Silicone rubber	30	350	201	133	73

^a The lower value applies to PVC insulated conductors of cross-sectional area greater than 300 mm².

^b Temperature limits for various types of insulation are given in IEC 60724.

^c For the method of calculating k , see the formula at the beginning of this annex.

Table A.54.3 – Values of k for bare protective conductors in contact with cable covering but not bunched with other cables

Cable covering	Temperature °C ^a		Material of conductor		
			Copper	Aluminium	Steel
	Initial	Final	Values for k ^b		
PVC	30	200	159	105	58
Polyethylene	30	150	138	91	50
CSP	30	220	166	110	60

^a Temperature limits for various types of insulation are given in IEC 60724.

^b For the method of calculating k , see the formula at the beginning of this annex.

Table A.54.4 – Values of k for protective conductors as a core incorporated in a cable or bunched with other cables or insulated conductors

Conductor insulation	Temperature °C ^b		Material of conductor		
			Copper	Aluminium	Steel
	Initial	Final	Values for k ^c		
70 °C PVC	70	160/140 ^a	115/103 ^a	76/68 ^a	42/37 ^a
90 °C PVC	90	160/140 ^a	100/86 ^a	66/57 ^a	36/31 ^a
90 °C thermosetting	90	250	143	94	52
60 °C rubber	60	200	141	93	51
85 °C rubber	85	220	134	89	48
Silicone rubber	180	350	132	87	47

^a The lower value applies to PVC insulated conductors of cross-sectional area greater than 300 mm².

^b Temperature limits for various types of insulation are given in IEC 60724.

^c For the method of calculating k , see the formula at the beginning of this annex.

Table A.54.5 – Values of k for protective conductors as a metallic layer of a cable e.g. armour, metallic sheath, concentric conductor, etc.

Cable insulation	Temperature °C ^a		Material of conductor			
			Copper	Aluminium	Lead	Steel
	Initial	Final	Values for k ^c			
70 °C PVC	60	200	141	93	26	51
90 °C PVC	80	200	128	85	23	46
90 °C thermosetting	80	200	128	85	23	46
60 °C rubber	55	200	144	95	26	52
85 °C rubber	75	220	140	93	26	51
Mineral PVC covered ^b	70	200	135	–	–	–
Mineral bare sheath	105	250	135	–	–	–

^a Temperature limits for various types of insulation are given in IEC 60724.

^b This value shall also be used for bare conductors exposed to touch or in contact with combustible material.

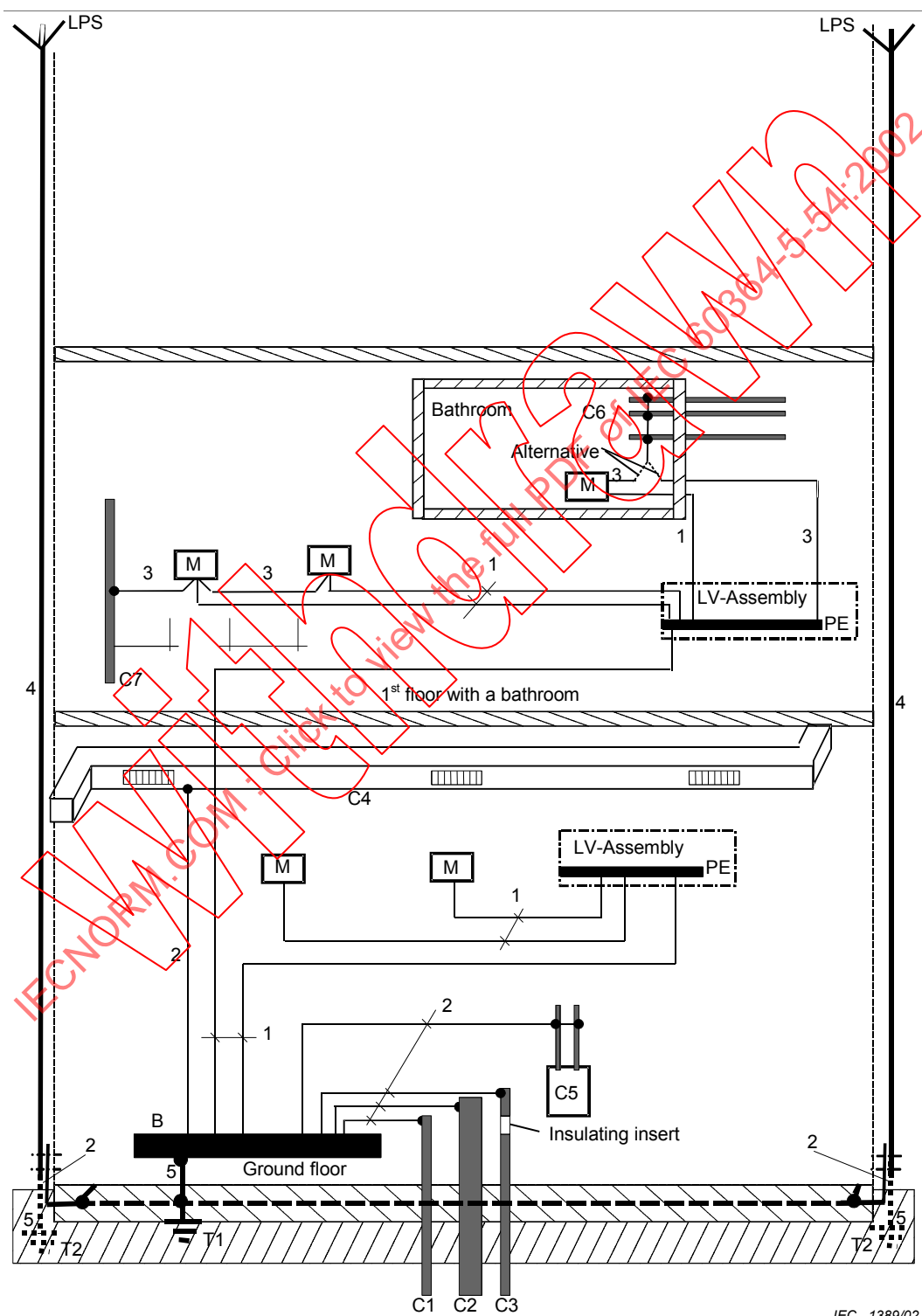
^c For the method of calculating k , see the formula at the beginning of this annex.

Table A.54.6 – Value of k for bare conductors where there is no risk of damage to any neighbouring material by the temperature indicated

Conditions	Initial temperature °C	Material of conductor					
		Copper		Aluminium		Steel	
		k value	Maximum temperature °C	k value	Maximum temperature °C	k value	Maximum temperature °C
Visible and in restricted area	30	228	500	125	300	82	500
Normal conditions	30	159	200	105	200	58	200
Fire risk	30	138	150	91	150	50	150

Annex B (informative)

Illustration of earthing arrangements, protective conductors and protective bonding conductors



IEC 1389/02

Figure B.54.1 – Earthing arrangements, protective conductors and protective bonding conductors

Key

- M** Exposed-conductive-part
conductive part of equipment which can be touched and which is not normally live, but which can become live when basic insulation fails
[IEV 195-06-10]
- C** Extraneous-conductive-part
conductive part not forming part of the electrical installation and liable to introduce an electric potential, generally the electric potential of a local earth
[IEV 195-06-11]
- C1** Waterpipe, metal from outside
- C2** Waste, water, metal from outside
- C3** Gas pipe with insulating inset, metal from outside
- C4** Air-conditioning
- C5** Heating-system
- C6** Waterpipe, metal e.g. in a bathroom
- C7** Extraneous-conductive-parts in arm's reach of exposed-conductive-parts
- B** Main earthing terminal (main earthing busbar)
terminal or busbar which is part of the earthing arrangement of an installation and enabling the electric connection of a number of conductors for earthing purposes
[IEV 195-02-33]
- T** Earth electrode
conductive part, which may be embedded in a specific conductive medium, e.g. concrete or coke, in electric contact with the earth
[IEV 195-02-01]
- T1** Foundation earth
- T2** Earth electrode for LPS if necessary
- 1** Protective conductor
conductor provided for purposes of safety, for example protection against electric shock
[IEV 195-02-09]
- 2** Protective bonding conductor
protective conductor provided for protective-equipotential-bonding
[IEV 195-02-10]
- 3** Protective bonding conductor for supplementary bonding
- 4** Down conductor of a lightning protection system (LPS)
- 5** Earthing conductor
conductor which provides a conductive path, or part of the conductive path, between a given point in a system or in an installation or in equipment and an earth electrode
[IEV 195-02-03]

NOTE For the purpose of this standard, an earthing conductor is the conductor which connects the earth electrode to a point of the common equipotential bonding system, usually the main earthing terminal.

Bibliography

IEC 60028, *International standard of resistance for copper*

IEC 60079-0, *Electrical apparatus for explosive gas atmospheres – Part 0: General requirements*

IEC 60702-1, *Mineral insulated cables and their terminations with a rated voltage not exceeding 750 V – Part 1: Cables*

IEC 60950-1, *Information technology equipment – Safety – Part 1: General requirements*

IEC 61000-1-1, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 1: General – Section 1: Application and interpretation of fundamental definitions and terms*

National Standard DIN 18014:1994, *Fundamenteerder ("Foundation earth electrode" in English)*

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60364-5-54:2002

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	23
INTRODUCTION.....	25
541 Généralités	26
541.1 Domaine d'application	26
541.2 Références normatives.....	26
541.3 Définitions.....	27
542 Dispositions de mise à la terre	28
542.1 Prescriptions générales	28
542.2 Prises de terre.....	28
542.3 Conducteurs de terre.....	30
542.4 Borne principale de terre	31
543 Conducteurs de protection	31
543.1 Sections minimales	31
543.2 Types de conducteurs de protection	33
543.3 Continuité électrique des conducteurs de protection.....	34
543.4 Conducteurs PEN.....	34
543.5 Mises à la terre de protection et fonctionnelles combinées	34
543.6 Disposition des conducteurs de protection.....	35
543.7 Conducteurs de protection renforcés pour des courants de fuite supérieurs à 10 mA	35
544 Conducteurs d'équipotentialité de protection.....	35
544.1 Conducteurs d'équipotentialité principale de protection	35
544.2 Conducteurs d'équipotentialité de protection supplémentaires.....	35
Annexe A (normative) Méthode de détermination du facteur k en 543.1.2 (voir aussi la CEI 60724 et la CEI 60949)	36
Annexe B (informative) Illustration d'une prise de terre de protection et de liaison équipotentielle.....	39
Bibliographie.....	41
Tableau 54.1 – Dimensions minimales habituelles des prises de terre vis-à-vis de la corrosion et de la tenue mécanique dans le cas de matériau enterré dans le sol	29
Tableau 54.2 – Sections minimales des conducteurs de terre enterrés	30
Tableau 54.3 – Section minimale du conducteur de protection	32
Tableau A.54.1 – Valeurs des paramètres pour divers matériaux	36
Tableau A.54.2 – Valeurs de k pour les conducteurs de protection isolés non incorporés aux câbles, et non regroupés avec d'autres câbles	37
Tableau A.54.3 – Valeurs de k pour un conducteur de protection nu en contact avec une gaine de câble, mais non regroupé avec d'autres câbles	37
Tableau A.54.4 – Valeurs de k pour un conducteur de protection incorporé dans un câble, ou regroupé avec d'autres câbles ou conducteurs isolés.....	37
Tableau A.54.5 – Valeurs de k pour un conducteur de protection tel qu'une gaine métallique d'un câble, par exemple armure, conducteur concentrique, etc.	38
Tableau A.54.6 – Valeurs de k pour conducteurs nus ne risquant pas d'endommager les matériaux voisins par les températures indiquées	38

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES DES BÂTIMENTS –

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

AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Électrotechnique Internationale) 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. 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 intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les documents produits se présentent sous la forme de recommandations internationales. Ils sont publiés comme normes, spécifications techniques, rapports techniques ou guides et agréés comme tels par les Comités nationaux.
- 4) Dans le but d'encourager l'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure possible, les Normes internationales de la CEI dans leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre la norme de la CEI et la norme nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.
- 5) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand un matériel est déclaré conforme à l'une de ses normes.
- 6) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Norme internationale 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.

La Norme internationale CEI 60364-5-54 a été établie par le comité d'études 64 de la CEI, Installations électriques et protection contre les chocs électriques.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition, parue en 1980, l'amendement 1 (1982) ainsi que quelques articles de la CEI 60364-5-548, parue en 1996, et l'amendement 1 (1998) dont elle constitue une révision technique.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
64/1231/FDIS	64/1249/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.

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

Cette publication a été rédigée, autant que possible, selon les Directives ISO/CEI, Partie 3.

L'annexe A fait partie intégrante de cette norme.

L'annexe B est donnée uniquement à titre d'information.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant 2007. A cette date, la publication sera

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60364-5-54:2002

Withdrawn

INTRODUCTION

La numérotation des articles est séquentielle, précédé par le numéro de la partie (par exemple, 541). La numérotation des figures et des tableaux reprend le numéro de la partie suivi d'un chiffre dans l'ordre chronologique, c'est-à-dire tableau 54.1, tableau 54.2, etc. La numérotation des tableaux et des figures dans les annexes reprend la lettre de l'annexe suivie par le numéro de la partie et d'un chiffre ajouté dans l'ordre chronologique, par exemple A.54.1, A.54.2, etc.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60364-5-54:2002

Without watermark

INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES DES BÂTIMENTS –

Partie 5-54: Choix et mise en œuvre des matériels électriques – Mises à la terre, conducteurs de protection et conducteurs d'équipotentialité de protection

541 Généralités

541.1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 60364 concerne les mises à la terre, les conducteurs de protection et les conducteurs d'équipotentialité de protection afin de satisfaire à la sécurité de l'installation électrique.

541.2 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 60050(195), *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Partie 195: Mise à la terre et protection contre les chocs électriques*

CEI 60287-1-1, *Câbles électriques – Calcul du courant admissible – Partie 1-1: Equations de l'intensité du courant admissible (facteur de charge 100 %) et calcul des pertes – Généralités*

CEI 60364-4-41, *Installations électriques des bâtiments – Partie 4-41: Protection pour assurer la sécurité – Protection contre les chocs électriques*

CEI 60364-4-43, *Installations électriques des bâtiments – Partie 4-43: Protection pour assurer la sécurité – Protection contre les surintensités*

CEI 60364-4-44, *Installations électriques des bâtiments – Partie 4-44: Protection pour assurer la sécurité – Protection contre les perturbations de tension et les perturbations électromagnétiques*

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

CEI 60724, *Limites de température de court-circuit des câbles électriques de tensions assignées de 1 kV ($U_m = 1,2$ kV) et 3 kV ($U_m = 3,6$ kV)*

CEI 60853-2, *Calcul des capacités de transport des câbles pour les régimes de charge cycliques et de surcharge de secours – Deuxième partie: Régime cyclique pour des câbles de tension supérieures à 18/30 (36) kV et régimes de secours pour des câbles de toutes tensions*

CEI 60909-0, *Courants de court-circuit dans les réseaux triphasés à courant alternatif – Partie 0: Calcul des courants*

CEI 60949, *Calcul des courants de court-circuit admissibles au plan thermique, tenant compte des effets d'un échauffement non adiabatique*

CEI 61024-1, *Protection des structures contre la foudre – Première partie: Principes généraux*

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

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

541.3 Définitions

Pour les besoins de la présente partie de la CEI 60364, les définitions de la CEI 61140 ainsi que les définitions suivantes, extraites de la CEI 60050(195) sont applicables.

Les définitions utilisées pour les mises à la terre, les conducteurs de protection et les conducteurs d'équipotentialité de protection sont représentées par les figures de l'annexe B et référencées ci-après:

541.3.1

partie conductrice accessible

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

[VEI 195-06-10]

541.3.2

borne principale de terre

borne ou barre faisant partie de l'installation de mise à la terre d'une installation, et assurant la connexion électrique d'un certain nombre de conducteurs à des fins de mise à la terre

[VEI 195-02-33]

541.3.3

prise de terre

électrode de terre

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

[VEI 195-02-01]

541.3.4

conducteur de protection

(identification: PE)

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

[VEI 195-02-09]

541.3.5

conducteur de liaison de protection

conducteur d'équipotentialité

conducteur de protection prévu pour réaliser une liaison équipotentielle de protection

[VEI 195-02-10]

541.3.6

conducteur de (mise à la) terre

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

[VEI 195-02-03]

NOTE Dans le cadre de la présente partie de la CEI 60364, le conducteur de terre réalise la connexion entre la terre et la liaison équipotentielle principale, généralement la borne principale de terre.

541.3.7

élément conducteur étranger

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

[VEI 195-06-11]

542 Dispositions de mise à la terre

542.1 Prescriptions générales

542.1.1 Les dispositions de mise à la terre peuvent être utilisées à la fois ou séparément pour des raisons de protection et des raisons fonctionnelles suivant les exigences de l'installation électrique. Les prescriptions relatives à la protection doivent toujours être prioritaires.

542.1.2 Si elles en sont pourvues les prises de terre présentes à l'intérieur d'une installation doivent être connectées à la borne principale de terre par l'intermédiaire d'un conducteur de terre.

542.1.3 Une attention particulière doit être portée aux dispositions de mise à la terre utilisées en haute et en basse tension (voir l'article 442 de la CEI 60364-4-44).

542.1.4 Les prescriptions concernant les dispositions de mise à la terre sont destinées à réaliser une liaison à la terre:

- sûre et appropriée aux prescriptions de protection de l'installation;
- pouvant écouler des courants de défaut à la terre et des courants dans le conducteur de protection à la terre sans risque de contraintes thermiques, thermomécaniques et électromécaniques dangereuses et de chocs électriques dus à ces courants;
- si nécessaire, appropriée aussi aux prescriptions fonctionnelles.

542.2 Prises de terre

542.2.1 Les matériaux et les dimensions des prises de terre doivent être choisis de manière à résister à la corrosion et à présenter une tenue mécanique appropriée.

Pour des matériaux couramment utilisés, les dimensions minimales habituelles vis-à-vis de la corrosion et de la tenue mécanique dans le cas d'enfouissement direct dans le sol sont données dans le tableau 54.1.

NOTE En présence d'un système de protection contre la foudre, la CEI 61024-1 s'applique.

**Tableau 54.1 – Dimensions minimales habituelles des prises
de terre en matériaux couramment utilisés pour leur résistance à la corrosion et leur
tenue mécanique appropriée dans le cas d'enfouissement dans le sol**

Matériau	Surface	Forme	Dimensions minimales				
			Diamètre mm	Section mm ²	Epaisseur mm	Epaisseur du revêtement/gaine	
						Valeur individuelle µm	Valeur moyenne µm
Acier	Galvanisé à chaud ^a et inox ^{a b}	Bande ^c		90	3	63	70
		Sections		90	3	63	70
		Tige ronde pour électrodes profondes	16			63	70
		Fil rond pour électrode de surface ^g	10				50 ^e
		Conduit	25		2	47	55
	Cuivre gainé	Tige ronde pour électrodes profondes	15			2 000	
	Avec cuivre déposé par électrolyse	Tige ronde pour électrodes profondes	14			90	100
Cuivre	Nu ^a	Bande		50	2		
		Fil rond pour électrode de surface ^g		25 ^f			
		Toron	1,8 pour chaque brin	25			
		Conduit	20		2		
	Etamé	Toron	1,8 pour chaque brin	25		1	5
	Etamé zinc	Bande ^d		50	2	20	40

^a Peut aussi être utilisé pour des prises de terre destinées à être enfouies dans du béton.

^b Pas de revêtement.

^c En bande enroulée ou bande fendue avec rebords arrondis.

^d Bande à bords arrondis.

^e Dans le cas de revêtement continu par bain, seule une épaisseur de 50 µm est techniquement réalisable à présent.

^f Lorsque l'expérience montre que le risque de corrosion et de dommage mécanique est très faible, une section de 16 mm² peut être utilisée.

^g Une prise de terre est dite de surface si sa profondeur ne dépasse pas 0,5 m.

542.2.2 L'efficacité d'une prise de terre dépend des conditions locales du sol. Une ou plusieurs prises de terre appropriées aux conditions du terrain et à la valeur de la résistance de terre prescrite doivent être choisies.

542.2.3 Les exemples suivants de prises de terre peuvent être utilisés:

- structures enterrées dans les fondations (boucle à fond de fouille);
- plaques;
- armatures du béton (sauf pour béton précontraint) noyées dans le sol;
- piquets ou tubes;
- rubans ou fils;
- gaines métalliques ou autre revêtement métallique selon les conditions locales ou les règles;
- autres ouvrages métalliques enterrés selon les conditions locales ou les règles.

NOTE 1 En Allemagne, Autriche, Belgique, Finlande, France, Grande-Bretagne, Suède et Suisse, il n'est pas permis que les canalisations d'eau servent de prise de terre.

NOTE 2 En Italie, il est permis que les canalisations d'eau servent de prise de terre mais seulement avec le consentement du distributeur d'eau.

542.2.4 Lors du choix du type de la prise de terre et de sa profondeur d'enfouissement, l'attention doit se porter sur les conditions locales et les règlements afin que l'assèchement et le gel rendent improbable l'augmentation de la résistance de la prise de terre au-dessus d'une valeur n'assurant plus les mesures de protection contre les chocs électriques (voir la CEI 60364-4-41).

NOTE En Allemagne, il est obligatoire de mettre en œuvre une boucle à fond de fouille pour tout nouveau bâtiment conformément à la norme nationale DIN 18014.

542.2.5 L'attention doit se porter sur la corrosion électrolytique lors de l'utilisation de matériaux différents dans une installation de mise à la terre.

542.2.6 Des canalisations métalliques de distribution de liquides inflammables ou de gaz ne doivent pas être utilisées comme prises de terre.

NOTE Cette prescription n'exclut pas la liaison équipotentielle de protection de ces services conformément à la CEI 60364-4-41.

542.3 Conducteurs de terre

542.3.1 Les conducteurs de terre doivent satisfaire aux prescriptions de 543.1 et, lorsqu'ils sont enterrés, leur section doit être choisie conformément au tableau 54.2.

En schéma TN, si le courant de défaut présumé circulant dans la prise de terre est faible, le conducteur de terre peut être dimensionné conformément à 544.1.1.

Tableau 54.2 – Sections minimales des conducteurs de terre enterrés

	Protégés mécaniquement	Non protégés mécaniquement
Protégés contre la corrosion	2,5 mm ² Cu 10 mm ² Fe	16 mm ² Cu 16 mm ² Fe
Non protégés contre la corrosion	25 mm ² Cu 50 mm ² Fe	

542.3.2 La liaison d'un conducteur de terre à une prise de terre doit être soigneusement réalisée et électriquement satisfaisante. Cette connexion doit être réalisée par soudure exothermique, par connecteurs à pression, fixations ou autres connecteurs mécaniques. Les connecteurs mécaniques doivent être mis en œuvre selon les instructions du constructeur. Si une fixation est utilisée, elle ne doit pas endommager l'électrode de terre ou le conducteur de terre.

NOTE Les dispositifs de connexion ou de fixation reposant sur la seule soudure n'apportent pas une tenue mécanique appropriée.

542.4 Borne principale de terre

542.4.1 Dans toute installation, où une liaison équipotentielle principale est prévue, une borne principale de terre doit être prévue afin d'y connecter les conducteurs suivants:

- les conducteurs d'équipotentialité;
- les conducteurs de terre;
- les conducteurs de protection;
- les conducteurs de mise à la terre fonctionnelle éventuels.

NOTE 1 L'intention n'est pas de connecter chaque conducteur de protection individuellement à la borne principale de terre lorsqu'ils sont connectés à cette borne par l'intermédiaire d'autres conducteurs de protection.

NOTE 2 Une borne principale de terre du bâtiment peut généralement être utilisée à des fins de mise à la terre fonctionnelle. Pour l'utilisation des matériels de traitement de l'information, elle est alors considérée comme le point de connexion au réseau de terre.

542.4.2 Chaque conducteur connecté à la borne principale de terre doit pouvoir être déconnecté individuellement. Cette connexion doit être sûre et démontable seulement à l'aide d'un outil.

NOTE Ce dispositif de déconnexion peut être opportunément combiné avec la borne principale de terre, pour permettre de mesurer la résistance de la prise de terre.

543 Conducteurs de protection

543.1 Sections minimales

543.1.1 La section de tout conducteur de protection doit satisfaire aux conditions de la coupure automatique de l'alimentation prescrites en 413.1 de la CEI 60364-4-41 et être apte à supporter les courants présumés de défaut.

La section est, soit calculée conformément à 543.1.2, soit choisie conformément au tableau 54.3. Dans les deux cas, les prescriptions de 543.1.3 doivent être appliquées.

Les bornes pour conducteurs de protection doivent pouvoir accepter les conducteurs de dimensions prescrites dans le présent paragraphe.

Tableau 54.3 – Section minimale des conducteurs de protection

Section des conducteurs de phase de l'installation S mm^2	Section minimale des conducteurs de protection correspondants mm^2	
	Si le conducteur de protection est en même matériau que le conducteur de phase	Si le conducteur de protection n'est pas en même matériau que le conducteur de phase
$S \leq 16$	S	$\frac{k_1}{k_2} \times S$
$16 < S \leq 35$	16^a	$\frac{k_1}{k_2} \times 16$
$S > 35$	$\frac{S}{2}^a$	$\frac{k_1}{k_2} \times \frac{S}{2}$
où k_1 est la valeur de k du conducteur de phase choisi dans le tableau A.54.1 ou dans les tableaux de la CEI 60364-4-43, conformément au matériau du conducteur et à son isolation; k_2 est la valeur de k du conducteur de protection choisi selon le tableau approprié des tableaux A.54.2 à A.54.6.		
^a Pour le conducteur PEN, une réduction de section n'est permise que conformément aux règles du dimensionnement du conducteur neutre (voir la CEI 60364-5-52).		

543.1.2 La section des conducteurs de protection doit être au moins égale à celle déterminée:

- soit par la CEI 60949,
- soit par la formule suivante applicable seulement pour des temps de coupure non supérieurs à 5 s:

$$S = \frac{\sqrt{I^2 t}}{k}$$

où

S est la surface de la section, en mm^2 ;

I est la valeur efficace du courant de défaut présumé qui peut traverser le dispositif de protection pour un défaut d'impédance négligeable, en A (voir la CEI 60909-0).

t est le temps de fonctionnement du dispositif de protection par coupure automatique, en s.

NOTE 1 Il est recommandé de prendre en compte les effets de limitation du courant des impédances du circuit et la capacité de limitation $I^2 t$ du dispositif de protection.

k est le facteur dont la valeur dépend de la nature du métal du conducteur de protection, des isolants et autres parties et enfin des températures initiale et finale (pour la détermination de k , voir l'annexe A).

Si l'application de la formule conduit à des sections non normalisées, la section plus élevée la plus proche doit être utilisée.

NOTE 2 Pour la limitation de température d'installations en atmosphère explosive, voir la CEI 60079-0.

NOTE 3 Comme les gaines métalliques des câbles à isolant minéral conformes à la CEI 60702-1 ont une tenue aux défauts supérieure à celle des conducteurs de phase, il n'est pas nécessaire de calculer la section des gaines métalliques lorsqu'elles sont utilisées comme conducteurs de protection.

543.1.3 La section de tout conducteur de protection qui ne fait pas partie d'un câble ou qui n'est pas placé avec les conducteurs de phase dans une enveloppe commune doit avoir une section d'au moins:

- 2,5 mm² Cu /16 mm² Alu s'il comporte une protection mécanique,
- 4 mm² Cu /16 mm² Alu s'il ne comporte pas de protection mécanique.

543.1.4 Si un conducteur de protection est commun à deux ou plusieurs circuits, sa section doit être dimensionnée comme suit:

- calculée conformément à 543.1.1, pour le courant de défaut présumé et le temps de fonctionnement les plus défavorables pour le circuit considéré; ou
- choisie conformément au tableau 54.3 de manière à la faire correspondre à la section de conducteur de phase la plus élevée des circuits.

543.2 Types de conducteurs de protection

543.2.1 Peuvent être utilisés comme conducteurs de protection:

- des conducteurs dans des câbles multiconducteurs;
- des conducteurs isolés ou nus passant dans une enveloppe commune avec les conducteurs actifs;
- des conducteurs nus ou isolés fixés dans l'installation;
- des gaines métalliques de câbles, des écrans de câbles, des armures de câbles, des tresses de fils, des conducteurs concentriques, des conduits métalliques, selon les conditions énoncées en 543.2.2 a) et b).

NOTE 1 En Chine, en Italie, au Royaume-Uni et aux USA, les chemins de câbles et les échelles à câbles peuvent être utilisés comme conducteurs de protection conformément aux textes locaux ou nationaux.

NOTE 2 Voir 543.6 pour leurs dispositions.

543.2.2 Lorsque l'installation comporte des matériels sous enveloppes métalliques tels que des ensembles d'appareillage basse tension ou des canalisations préfabriquées, ces enveloppes métalliques ou leurs charpentes peuvent être utilisées comme conducteurs de protection si elles satisfont simultanément aux trois conditions suivantes:

- a) leur continuité électrique doit être réalisée par construction ou par connexion appropriée de façon que la protection contre les détériorations mécaniques, chimiques ou électro-chimiques soit assurée;
- b) elles sont conformes aux prescriptions de l'article 543.1;
- c) elles permettent le raccordement d'autres conducteurs de protection à tout endroit de dérivation prédéterminé.

543.2.3 L'utilisation des éléments métalliques suivants comme conducteurs de protection ou d'équipotentialité de protection n'est pas admise:

- canalisations métalliques d'eau;
- canalisations contenant des gaz ou des liquides inflammables;
- parties appartenant à la construction et soumises à des contraintes mécaniques en service normal;
- conduits métalliques souples, sauf s'ils sont conçus pour cet usage;
- parties métalliques souples;
- supports de lignes.

NOTE 1 Au Royaume Uni, les canalisations métalliques d'eau peuvent être utilisées comme conducteurs de protection. Si des compteurs d'eau sont shuntés, le conducteur qui les shunte est choisi de section appropriée.

NOTE 2 En suisse, les canalisations métalliques d'eau peuvent être utilisées comme conducteurs d'équipotentialité de protection.

543.3 Continuité électrique des conducteurs de protection

543.3.1 Les conducteurs de protection doivent être convenablement protégés contre les détériorations mécaniques, chimiques ou électrochimiques et contre les forces électrodynamiques et thermodynamiques.

543.3.2 Les connexions dans les conducteurs de protection doivent être accessibles pour vérification et essais, à l'exception:

- des connexions avec matière de remplissage;
- des jonctions scellées.
- des connexions dans des conduits métalliques et des canalisations préfabriquées..
- des jonctions appartenant au matériel et satisfaisant aux normes des matériels.

543.3.3 Aucun appareillage ne doit être inséré dans le conducteur de protection, mais des connexions qui peuvent être démontées à l'aide d'un outil pour des essais peuvent être utilisées.

543.3.4 Lorsqu'un dispositif de contrôle de continuité de terre est utilisé, des dispositifs spéciaux (par exemple des capteurs ou des enroulements) ne doivent pas être insérés en série dans les conducteurs de protection.

543.3.5 Les masses des matériels ne doivent pas être utilisées pour faire partie du circuit de protection d'un autre matériel, à l'exception du cas visé en 543.2.2.

543.4 Conducteurs PEN

543.4.1 Un conducteur PEN ne peut être utilisé que dans les installations fixes et, pour des raisons mécaniques, il doit avoir une section au moins égale à 10 mm² en cuivre ou 16 mm² en aluminium.

543.4.2 Le conducteur PEN doit être isolé pour la tension la plus élevée à laquelle il peut être soumis.

NOTE Il est recommandé que l'utilisation d'une isolation du conducteur PEN à l'intérieur des ensembles d'appareillages soit considérée par les comités d'études d'équipement concernés.

543.4.3 Si, à partir d'un point quelconque de l'installation, le conducteur neutre et le conducteur de protection sont séparés, il n'est pas permis, de relier le conducteur neutre à la terre (par exemple un conducteur de protection issu du conducteur PEN). Toutefois, il est permis de séparer le conducteur PEN en plus d'un conducteur neutre et plus d'un conducteur de protection. A l'endroit de la séparation, il y a lieu de prévoir des bornes ou des barres séparées pour les conducteurs de protection et pour les conducteurs neutres. Dans ce cas, le conducteur PEN doit être relié à la borne ou à la barre prévue pour le conducteur de protection.

543.4.4 Les éléments conducteurs ne doivent pas être utilisés comme conducteurs PEN.

543.5 Mises à la terre de protection et fonctionnelles combinées

543.5.1 Si un conducteur de mises à la terre de protection et fonctionnelle combinées est utilisé, il doit satisfaire aux prescriptions relatives au conducteur de protection. De plus, il doit aussi satisfaire aux prescriptions fonctionnelles appropriées (voir la CEI 60364-4-44, article 444).

Un conducteur de retour en courant continu PEL ou PEM d'une alimentation de puissance de matériels de traitement de l'information peut être utilisé comme conducteur de mises à la terre de protection et fonctionnelle combinées protection et protection fonctionnelle.

543.5.2 Des éléments conducteurs ne doivent pas être utilisés comme conducteurs PEL ou PEM.