

**RAPPORT
TECHNIQUE
TECHNICAL
REPORT**

**CEI
IEC
1200-413**

Première édition
First edition
1996-03

Guide pour les installations électriques –

**Partie 413:
Protection contre les contacts indirects –
Coupure automatique de l'alimentation**

Electrical installation guide –

**Part 413:
Protection against indirect contact –
Automatic disconnection of supply**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 1200-413: 1996

Numéros des publications

Depuis le 1^{er} janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60 000.

Publications consolidées

Les versions consolidées de certaines publications de la CEI incorporant les amendements sont disponibles. Par exemple, les numéros d'édition 1.0, 1.1 et 1.2 indiquent respectivement la publication de base, la publication de base incorporant l'amendement 1, et la publication de base incorporant les amendements 1 et 2.

Validité de la présente publication

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la CEI afin qu'il reflète l'état actuel de la technique.

Des renseignements relatifs à la date de reconfirmation de la publication sont disponibles dans le Catalogue de la CEI.

Les renseignements relatifs à des questions à l'étude et des travaux en cours entrepris par le comité technique qui a établi cette publication, ainsi que la liste des publications établies, se trouvent dans les documents ci-dessous:

- «Site web» de la CEI*
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement (Catalogue en ligne)*
- **Bulletin de la CEI**
Disponible à la fois au «site web» de la CEI* et comme périodique imprimé

Terminologie, symboles graphiques et littéraux

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 60 050: *Vocabulaire Electrotechnique International* (VEI).

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera la CEI 60 027: *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique*, la CEI 60 417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles*, et la CEI 60 617: *Symboles graphiques pour schémas*.

* Voir adresse «site web» sur la page de titre.

Numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60 000 series.

Consolidated publications

Consolidated versions of some IEC publications including amendments are available. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

Validity of this publication

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology.

Information relating to the date of the reconfirmation of the publication is available in the IEC catalogue.

Information on the subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is to be found at the following IEC sources:

- **IEC web site***
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates (On-line catalogue)*
- **IEC Bulletin**
Available both at the IEC web site* and as a printed periodical

Terminology, graphical and letter symbols

For general terminology, readers are referred to IEC 60 050: *International Electrotechnical Vocabulary* (IEV).

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications IEC 60 027: *Letter symbols to be used in electrical technology*, IEC 60 417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets* and IEC 60 617: *Graphical symbols for diagrams*.

* See web site address on title page.

**RAPPORT
TECHNIQUE – TYPE 3
TECHNICAL
REPORT – TYPE 3**

**CEI
IEC
1200-413**

Première édition
First edition
1996-03

Guide pour les installations électriques –

**Partie 413:
Protection contre les contacts indirects –
Coupure automatique de l'alimentation**

Electrical installation guide –

**Part 413:
Protection against indirect contact –
Automatic disconnection of supply**

© CEI 1996 Droits de reproduction réservés — Copyright — all rights reserved

Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

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 the publisher.

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale 3, rue de Varembe Genève, Suisse



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

X

*Pour prix, voir catalogue en vigueur
For price, see current catalogue*

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	4
Articles	
0 Introduction	8
0.1 Principe de la mesure de protection	8
0.2 Effets du courant électrique sur le corps humain	8
0.3 Impédance électrique du corps humain	14
0.4 Situations	14
0.5 Liaison équipotentielle principale.....	16
1 Domaine d'application.....	20
2 Documents de référence.....	20
3 Application aux différents schémas de liaisons à la terre	22
413.1.3 Schéma TN	22
413.1.3.1 Boucle de défaut	22
413.1.3.3 Tension de contact présumée	22
413.1.3.3 Analyse des conditions de protection	24
413.1.3.5 Circuits de distribution	26
413.1.3 Application pratique des conditions de protection.....	32
413.1.3.5 Cas où un temps de coupure de 5 s est admis	40
413.1.3.7 Limitation de la tension de défaut se fondant sur l'équilibre des tensions.	44
413.1.3.6, 413.1.3.8 et 413.1.3.9 Protection par dispositifs de protection à courant différentiel-résiduel.....	46
413.1.4 Schéma TT.....	50
413.1.4.1 Boucle de défaut	50
413.1.4.2 Analyse des conditions de protection	50
413.1.4.4 Dispositifs de protection	52
413.1.5 Schéma IT.....	54
413.1.5.1, 413.1.5.3 Non-coupure au premier défaut	54
413.1.5.3, 413.3.2.2 Différents schémas IT	54
413.1.6 Liaison équipotentielle supplémentaire.....	60
Annexes	
A Protection au deuxième défaut (413.1.5.5, 413.1.5.6).....	62
B Définitions de la tension de contact, de la tension de contact présumée et de la tension de défaut.....	74
C Conditions de protection dans des situations particulières	84
D Influence des courants de défaut sur la résistance des conducteurs	90

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
Clause	
0 Introduction	9
0.1 Principle of the protective measure.....	9
0.2 Effects of electric current on the human body	9
0.3 Electrical impedance of the human body.....	15
0.4 Situations.....	15
0.5 Main equipotential bonding.....	17
1 Scope	21
2 Reference documents	21
3 Application of types of system earthing	23
413.1.3 TN-system	23
413.1.3.1 Fault loop	23
413.1.3.3 Prospective touch voltage	23
413.1.3.3 Analysis of conditions for protection	25
413.1.3.5 Distribution circuits.....	27
413.1.3 Practical application of conditions for protection	33
413.1.3.5 Cases where a disconnection time up to 5 s is permitted	41
413.1.3.6, 413.1.3.8 and 413.1.3.9 Protection by residual current protective devices	47
413.1.3.7 Limitation of fault voltage based on voltage balance	45
413.1.4 TT-system	51
413.1.4.1 Fault loop	51
413.1.4.2 Analysis of conditions of protection	51
413.1.4.4 Protective devices	53
413.1.5 IT-system	55
413.1.5.1, 413.1.5.3 No disconnection for the first fault	55
413.1.5.3, 473.3.2.2 Types of IT systems.....	55
413.1.6 Supplementary equipotential bonding	61
Annexes	
A Protection following a second fault (413.1.5.5, 413.1.5.6)	63
B Definition of touch voltage, prospective touch voltage and fault current	75
C Conditions of protection in particular situations	85
D The influence of fault currents on the resistance of conductors.....	91

GUIDE POUR LES INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES –

Partie 413: Protection contre les contacts indirects – Coupure automatique de l'alimentation

AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Electrotechnique 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, 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 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 de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La tâche principale des comités d'études de la CEI est d'élaborer des Normes internationales. Exceptionnellement, un comité d'études peut proposer la publication d'un rapport technique de l'un des types suivants:

- type 1, lorsque, en dépit de maints efforts, l'accord requis ne peut être réalisé en faveur de la publication d'une Norme internationale;
- type 2, lorsque le sujet en question est encore en cours de développement technique ou lorsque, pour une raison quelconque, la possibilité d'un accord pour la publication d'une Norme internationale peut être envisagée pour l'avenir mais pas dans l'immédiat;
- type 3, lorsqu'un comité d'études a réuni des données de nature différente de celles qui sont normalement publiées comme Normes internationales, cela pouvant comprendre, par exemple, des informations sur l'état de la technique.

Les rapports techniques de types 1 et 2 font l'objet d'un nouvel examen trois ans au plus tard après leur publication afin de décider éventuellement de leur transformation en Normes internationales. Les rapports techniques de type 3 ne doivent pas nécessairement être révisés avant que les données qu'ils contiennent ne soient plus jugées valables ou utiles.

La CEI 1200-41-413, rapport technique du type 3, a été établie par le comité d'études 64 de la CEI: Installations électriques des bâtiments.

ELECTRICAL INSTALLATION GUIDE –

Part 413: Protection against indirect contact – Automatic disconnection of supply

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 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. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

The main task of IEC technical committees is to prepare International Standards. In exceptional circumstances, a technical committee may propose the publication of a technical report of one of the following types:

- type 1, when the required support cannot be obtained for the publication of an International Standard, despite repeated efforts;
- type 2, when the subject is still under technical development or where for any other reason there is the future but not immediate possibility of an agreement on an International Standard;
- type 3, when a technical committee has collected data of a different kind from that which is normally published as an International Standard, for example “state of the art”.

Technical reports of types 1 and 2 are subject to review within three years of publication to decide whether they can be transformed into International Standards. Technical reports of type 3 do not necessarily have to be reviewed until the data they provide are considered to be no longer valid or useful.

IEC 1200-413 which is a technical report of type 3, has been prepared by IEC technical committee 64: Electrical installations of buildings.

Le présent rapport technique n'est pas une partie de la CEI 364. Il constitue un complément à l'article 413.1 de la CEI 364-4-41. Ce rapport est destiné à fournir une explication relative à la révision de l'article 413.1 dans la troisième édition de la CEI 364-4-41 (1992) et de l'article 481.3 de la première édition de la CEI 364-4-481 (1993).

Le texte de ce rapport technique est issu des documents suivants:

Projet de comité	Rapport de vote
64(SEC)726	64/799/RVC

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

This technical report does not form part of IEC 364. It is a supplement to clause 413.1 of IEC 364-4-41. This report is intended to provide an explanation of the revision of clause 413.1 in the third edition of IEC 364-4-41 (1992) and of clause 481.3 of the first edition of IEC 364-4-481 (1993).

The text of this technical report is based on the following documents:

Committee draft	Report on voting
64(SEC)726	64/799/RVC

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

0 Introduction

0.1 Principes de la mesure de protection

La mesure de protection par coupure automatique de l'alimentation qui fait l'objet de l'article 413.1 de la CEI 364-4-41 est destinée à empêcher qu'à la suite d'un défaut dans une installation, une personne puisse être soumise à une tension de contact dangereuse pendant un temps suffisant pour provoquer des dommages corporels.

Pour respecter cette règle, en cas d'un tel défaut, le courant de défaut doit être coupé suffisamment rapidement pour empêcher le maintien de la tension de contact pendant un temps tel qu'elle devienne dangereuse.

Il en résulte que cette mesure de protection repose sur l'association de deux conditions:

- a) la réalisation d'un circuit – dénommé «boucle de défaut» – pour permettre la circulation du courant de défaut. La constitution de cette boucle de défaut dépend du schéma des liaisons à la terre (TN, TT ou IT);
- b) l'interruption du courant de défaut par un dispositif de protection approprié en un temps maximal. Ce temps maximal dépend de paramètres tels que la valeur la plus élevée de la tension de contact*, la probabilité d'un défaut et la probabilité de contact d'une personne avec des matériels en défaut. Des valeurs limites acceptables de tension de contact et de temps de coupure sont fondées sur la connaissance des effets du courant électrique sur le corps humain.

La condition a) implique la mise en oeuvre de conducteurs de protection reliant à la prise de terre les masses de tous les matériels électriques alimentés par l'installation de manière à constituer la boucle de défaut comme il est montré dans les différentes configurations des schémas des liaisons à la terre (figure 3 – TN, figure 14 – TT et figures 15-17 – IT). Les conducteurs de protection doivent être installés de manière sûre et durable selon les prescriptions du chapitre 54 indiquant les sections de ces conducteurs et les conditions à respecter pour assurer la fiabilité de ces liaisons.

La condition b) implique la présence d'un dispositif de coupure automatique dont les caractéristiques sont définies suivant le schéma des liaisons à la terre – TN, TT ou IT.

0.2 Effets du courant électrique sur le corps humain

Les effets du courant électrique sur le corps humain ont fait l'objet de nombreuses études et expériences dont les résultats ont été rassemblés et résumés dans le Rapport CEI 479 dont une première édition a été publiée en 1974 et dont une deuxième édition, tenant compte des connaissances nouvelles dans ce domaine, a été publiée en deux parties, la première en 1984 et la deuxième en 1987. La première partie a fait l'objet d'une troisième édition parue en 1994.

En fait, ce Rapport définit deux éléments:

- l'effet sur le corps humain des courants électriques d'intensités et de durées variables s'écoulant dans le corps humain;
- et
- les impédances électriques du corps humain en fonction de la tension de contact.

Ces deux éléments permettent d'établir la relation qui doit exister entre la tension de contact présumée et sa durée pour qu'il n'en résulte habituellement pas d'effets physiologiques dangereux pour toute personne soumise à cette tension de contact.

* Voir annexe B pour les définitions.

0. Introduction

0.1 *Principle of the protective measure*

The measure of protection by automatic disconnection of supply which is the subject of clause 413.1 of IEC 364-4-41 is intended to prevent a person being subjected to a dangerous touch voltage for a time sufficient to cause organic damage, in the event of an insulation fault.

In order to meet this requirement, in the event of such a fault the circuit protective device must interrupt the resulting fault current sufficiently quickly to prevent the touch voltage persisting long enough to be dangerous.

It follows that this protective measure relies on the combination of two conditions:

- a) the provision of a conducting path, designated "the fault loop", to provide for circulation of the fault current. The composition of the fault loop depends on the type of system earthing (TN, TT or IT);
- b) the interruption of the fault current within a maximum time by an appropriate protective device. This maximum time is dependent on parameters such as the magnitude of the highest touch voltage*, the probability of a fault, and the probability of a person touching equipment during a fault. Acceptable limits of touch voltage and duration are based on a knowledge of the effects of electric current on the human body.

Condition a) requires the installation of protective conductors connecting all exposed-conductive-parts of the electrical equipment supplied by the installation to an earthing system, thus forming the fault loop as shown for the different types of system earthing in the diagrams (figure 3 – TN, figure 14 – TT and figures 15-17 – IT). The protective conductors must be installed in a sound and reliable manner according to the requirements of Chapter 54 which specifies the cross-sectional areas of such conductors and the conditions to be fulfilled to ensure the reliability of the connections.

Condition b) requires the installation of protective devices the characteristics of which are defined according to the type of system earthing – TN, TT or IT.

0.2 *Effects of electric current on the human body*

The effects of electric current on the human body have been the subject of numerous studies and experiments, the results of which have been assembled and surveyed in IEC Report 479. A first edition of that Report was published in 1974 and a second edition, taking account of new knowledge in this domain, was published in two parts, the first in 1984, the second in 1987. The first part was published as a third edition in 1994.

In fact, the Report defines two components:

- the effect on the human body of electrical currents of various magnitudes and durations flowing through the body;
- and
- the electrical impedance of the human body as a function of touch voltage.

These two components permit the establishment of a relationship between the prospective touch voltage and its duration, which does not usually result in harmful physiological effects on any person subjected to that touch voltage.

* See annex B for definitions

En courant alternatif (15 Hz à 100 Hz), la courbe déduite de cette relation commence avec les données indiquées en figure 14 du Rapport CEI 479-1, troisième édition, reproduites ici en figure 1. La zone appropriée est la zone AC-3 (entre les courbes b et c_1) à l'intérieur de laquelle ne se produit aucun dommage organique. La probabilité d'effets réversibles jusqu'aux impulsions cardiaques, sans fibrillation ventriculaire, augmente avec le courant et sa durée mais les effets ne se prolongent pas après coupure du courant.

Au-dessus de la courbe c_1 (zone AC-4), le risque d'effets physiologiques dangereux tels que l'arrêt cardiaque, l'arrêt de la respiration et des brûlures profondes s'accroît en fonction du courant et de sa durée jusqu'à une probabilité de 5% sur la ligne c_2 .

Le problème est de définir une relation temps/courant appropriée à la zone AC-3 pouvant servir de fondement pour une proposition de courbe tension/durée à partir de laquelle des limites de tensions de contact et des durées peuvent s'en déduire.

Aucune des frontières de la zone AC-3 ne fournit de solution à ce problème. En tenant compte de la précision de ces données, la relation idéale courant/durée doit comporter une marge de sécurité adéquate entre elle-même et la frontière supérieure. Par ailleurs, l'adoption de la frontière inférieure est considérée comme trop prudente.

Un problème similaire est apparu lorsque les données de l'édition 1 du Rapport CEI 479 ont été utilisées pour l'établissement d'une relation courant/temps. A cette époque, une courbe présentant une certaine marge de sécurité en dessous de la frontière de la zone AC-4 a été approuvée par le CE 64.

En tenant compte de ces données, la courbe désignée par «Lc» dans la figure 1 a été adoptée car elle était conforme à la décision antérieure relative à la marge sous la frontière de la zone AC-4 et reconnue selon les conclusions de la révision de la CEI 479, deuxième édition relatives aux dangers dus aux courants et aux durées à travers le corps humain.

Il est considéré que cette courbe «Lc» est une courbe de référence raisonnable pour la définition des temps de coupure en fonction de la tension de contact présumée (voir courbe L de la figure 2) et pour définir la méthode de protection par coupure automatique de l'alimentation.

For alternating current (15 Hz to 100 Hz) the derivation of such a relationship started with the data provided by figure 14 of IEC Report 479-1, third edition, reproduced here in figure 1. The relevant portion of that figure was zone AC-3 (between lines b and c_1) within which no organic damage was to be expected. The probability of irreversible disturbances to cardiac impulses, without ventricular fibrillation, increases with current and duration, but these effects were not considered to persist generally following the cessation of current.

Above curve c_1 (in zone AC-4) there was the risk of dangerous physiological effects such as cardiac arrest, breathing arrest and heavy burns, the probability of which increased with magnitude of current and time up to about 5 % at line c_2 .

The problem was to define a suitable current-duration relationship within zone AC-3 which would serve as a basis for a proposal for a voltage-duration curve from which practical limits of touch voltage and duration could be derived.

Neither of the boundaries to zone AC-3 provided an acceptable solution to the problem. Bearing in mind the qualifications with regard to accuracy attached to such data, it was clear that the desired current-duration relationship must incorporate a suitable margin of safety between itself and the upper boundary. On the other hand, the adoption of the lower boundary was considered to be over-cautious.

A similar problem arose when the data given in edition 1 of Report 479 was used to derive a current-duration relationship. At that time a curve was approved by TC 64 which had a certain margin of safety below the boundary of zone AC-4.

With these points in mind the curve marked "Lc" in figure 1 was adopted because it was consistent with the former decision on the size of the margin below the boundary with zone AC-4, and at the same time recognised the revised conclusions in the second edition of IEC 479 on the degree of danger arising from currents of various durations through the human body.

It was considered that curve "Lc" (a function of disconnection time and current) was a reasonable basis for the establishment of disconnection times as a function of prospective touch voltage (see curve L of figure 2), to be used with the method of protection by automatic disconnection of supply.