

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

NORME DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

IEC STANDARD

Publication 621-2

Première édition — First edition

1978

**Installations électriques pour chantiers extérieurs soumis à des conditions
sévères (y compris mines à ciel ouvert et carrières)**

Deuxième partie: Prescriptions générales de protection

**Electrical installations for outdoor sites under heavy conditions
(including open-cast mines and quarries)**

Part 2: General protection requirements



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembe

Genève, Suisse

Révision de la présente publication

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

Les renseignements relatifs à ce travail de révision, à l'établissement des éditions révisées et aux mises à jour peuvent être obtenus auprès des Comités nationaux de la CEI et en consultant les documents ci-dessous:

- **Bulletin de la CEI**
- **Rapport d'activité de la CEI**
Publié annuellement
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement

Terminologie

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la Publication 50 de la CEI: Vocabulaire Electrotechnique International (V.E.I.), qui est établie sous forme de chapitres séparés traitant chacun d'un sujet défini, l'Index général étant publié séparément. Des détails complets sur le V.E.I. peuvent être obtenus sur demande.

Les termes et définitions figurant dans la présente publication ont été soit repris du V.E.I., soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Symboles graphiques et littéraux

Pour les symboles graphiques, symboles littéraux et signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera:

- la Publication 27 de la CEI: Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique;
- la Publication 117 de la CEI: Symboles graphiques recommandés

Les symboles et signes contenus dans la présente publication ont été soit repris des Publications 27 ou 117 de la CEI, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Autres publications de la CEI établies par le même Comité d'Etudes

L'attention du lecteur est attirée sur la page 3 de la couverture, qui énumère les autres publications de la CEI préparées par le Comité d'Etudes qui a établi la présente publication.

Revision 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 on the work of revision, the issue of revised editions and amendment sheets may be obtained from IEC National Committees and from the following IEC sources:

- **IEC Bulletin**
- **Report on IEC Activities**
Published yearly
- **Catalogue of IEC Publications**
Published yearly

Terminology

For general terminology, readers are referred to IEC Publication 50: International Electrotechnical Vocabulary (I.E.V.), which is issued in the form of separate chapters each dealing with a specific field, the General Index being published as a separate booklet. Full details of the I.E.V. will be supplied on request.

The terms and definitions contained in the present publication have either been taken from the I.E.V. or have been specifically approved for the purpose of this publication.

Graphical and letter symbols

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to:

- IEC Publication 27: Letter symbols to be used in electrical technology;
- IEC Publication 117: Recommended graphical symbols.

The symbols and signs contained in the present publication have either been taken from IEC Publications 27 or 117, or have been specifically approved for the purpose of this publication.

Other IEC publications prepared by the same Technical Committee

The attention of readers is drawn to the inside of the back cover, which lists other IEC publications issued by the Technical Committee which has prepared the present publication.

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

NORME DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

IEC STANDARD

Publication 621-2

Première édition — First edition

1978

**Installations électriques pour chantiers extérieurs soumis à des conditions
sévères (y compris mines à ciel ouvert et carrières)**

Deuxième partie: Prescriptions générales de protection

**Electrical installations for outdoor sites under heavy conditions
(including open-cast mines and quarries)**

Part 2: General protection requirements



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

1, rue de Varembe

Genève, Suisse

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	4
PRÉFACE	4

CHAPITRE I: PROTECTION CONTRE LES CONTACTS DIRECTS

Articles

Introduction.	8
1. Prescriptions générales	8
2. Protection totale au moyen de barrières ou d'enveloppes.	8
3. Protection totale par isolation des parties actives	14
4. Protection partielle par mise hors de portée par éloignement des parties actives	14
5. Protection partielle au moyen d'obstacles	16
6. Distances minimales à observer dans les passages de service et d'entretien dans les installations intérieures	18

CHAPITRE II: PROTECTION CONTRE LES CONTACTS INDIRECTS EN COURANT ALTERNATIF

Introduction.	24
7. Généralités	24
8. Descriptions des schémas TN, TT et IT	28
9. Mesures de protection pour schémas TN	36
10. Mesures de protection pour schémas TT	42
11. Mesures de protection pour schémas IT	44
12. Prescriptions relatives aux dispositifs limitant les courants de défaut à la terre	48
13. Dispositions de mise à la terre et conducteurs de protection	48

CHAPITRE III: PROTECTION CONTRE LES SURINTENSITÉS ET LES COURANTS DE DÉFAUT

Introduction.	50
14. Règle générale	50
15. Nature des dispositifs de protection	50
16. Coupure automatique — Protection contre les surintensités dues à des surcharges	52
17. Coupure automatique — Protection contre les courts-circuits	56
18. Coordination des mesures de protection contre la surcharge et contre les courts-circuits	60
19. Limitations des surintensités par les caractéristiques d'alimentation ou de charge	62

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5

CHAPTER I: PROTECTION AGAINST DIRECT CONTACT

Clause

Introduction	9
1. General requirements	9
2. Complete protection by means of barriers or enclosures	9
3. Complete protection by insulation of live parts	15
4. Partial protection by placing live parts out of reach	15
5. Partial protection by the provision of obstacles	17
6. Minimum distances to be observed in operating and maintenance gangways for indoor installations	19

CHAPTER II: PROTECTION AGAINST INDIRECT CONTACT—A.C.

Introduction	25
7. General	25
8. TN, TT and IT systems description	29
9. Protective measures for TN systems	37
10. Protective measures for TT systems	43
11. Protective measures for IT systems	45
12. Requirements for earth fault current limitation devices	49
13. Earthing arrangements and protective conductors	49

CHAPTER III: PROTECTION AGAINST OVERCURRENT AND FAULT CURRENT

Introduction	51
14. General rule	51
15. Nature of protective devices	51
16. Automatic interruption—Protection against overcurrent due to overload	53
17. Automatic interruption—Protection against short circuits	57
18. Co-ordination of overload and short-circuit protection	61
19. Limitation of overcurrent by characteristics of supply or load	63

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES POUR CHANTIERS EXTÉRIEURS
SOU MIS À DES CONDITIONS SÉVÈRES
(Y COMPRIS MINES À CIEL OUVERT ET CARRIÈRES)**

Deuxième partie: Prescriptions générales de protection

PRÉAMBULE

- 1) Les décisions ou accords officiels de la CEI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des Comités d'Etudes où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.
- 2) Ces décisions constituent des recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 3) Dans le but d'encourager l'unification internationale, la CEI exprime le vœu que tous les Comités nationaux adoptent dans leurs règles nationales le texte de la recommandation de la CEI, dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Toute divergence entre la recommandation de la CEI et la règle nationale correspondante doit, dans la mesure du possible, être indiquée en termes clairs dans cette dernière.

PRÉFACE

La présente norme a été établie par le Comité d'Etudes N° 71 de la CEI: Installations électriques pour chantiers extérieurs soumis à des conditions sévères (y compris mines à ciel ouvert et carrières).

Un projet de cette norme fut discuté lors de la réunion tenue à Sydney en 1975. A la suite de cette réunion, un projet, document 71(Bureau Central)5, fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en mai 1976.

Les pays suivants se sont prononcés explicitement en faveur de la publication:

Afrique du Sud (République d')	Espagne
Allemagne	Etats-Unis d'Amérique
Australie	Hongrie
Belgique	Portugal
Canada	Roumanie
Danemark	Royaume-Uni
Egypte	Turquie

Un autre projet concernant les distances d'isolement minimales pour conducteurs nus dans l'air fut discuté lors de la réunion tenue à Denver en 1977. A la suite de cette réunion, un projet, document 7(Bureau Central)8, fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en octobre 1977.

Les pays suivants se sont prononcés explicitement en faveur de la publication:

Allemagne	Hongrie
Australie	Israël
Belgique	Italie
Canada	Pays-Bas
Egypte	Portugal
Espagne	Roumanie
Etats-Unis	Royaume-Uni
d'Amérique	Turquie

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**ELECTRICAL INSTALLATIONS FOR OUTDOOR SITES UNDER
HEAVY CONDITIONS (INCLUDING OPEN-CAST MINES AND QUARRIES)**

Part 2: General protection requirements

FOREWORD

- 1) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters, prepared by Technical Committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with.
- 2) They have the form of recommendations for international use and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 3) In order to promote international unification, the IEC expresses the wish that all National Committees should adopt the text of the IEC recommendation for their national rules in so far as national conditions will permit. Any divergence between the IEC recommendation and the corresponding national rules should, as far as possible, be clearly indicated in the latter.

PREFACE

This standard has been prepared by IEC Technical Committee No. 71, Electrical Installations for Outdoor Sites Under Heavy Conditions (Including Open-cast Mines and Quarries).

A draft of this standard was discussed at the meeting held in Sydney in 1975. As a result of this meeting, a draft, Document 71(Central Office)5, was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in May 1976.

The following countries voted explicitly in favour of publication:

Australia	Portugal
Belgium	Romania
Canada	South Africa (Republic of)
Denmark	Spain
Egypt	Turkey
Germany	United Kingdom
Hungary	United States of America

A further draft concerning the minimum electrical clearances for bare conductors in air was discussed at the meeting held in Denver in 1977. As a result of this meeting, a draft, Document 71(Central Office)8, was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in October 1977.

The following countries voted explicitly in favour of publication:

Australia	Netherlands
Belgium	Portugal
Canada	Romania
Egypt	Spain
Germany	Turkey
Hungary	United Kingdom
Israel	United States
Italy	of America

Autres publications de la CEI citées dans la présente norme:

- Publications n^{os} 364: Installations électriques des bâtiments.
- 364-3: Troisième partie: Détermination des caractéristiques générales.
- 364-4-41: Quatrième partie: Protection pour assurer la sécurité. Chapitre 41: Protection contre les chocs électriques.
- 529: Classification des degrés de protection procurés par les enveloppes.

Other IEC publications quoted in this standard:

- Publications Nos. 364: Electrical Installations of Buildings.
364-3: Part 3: Assessment of General Characteristics.
364-4-41: Part 4: Protection for Safety. Chapter 41: Protection Against Electric Shock.

529: Classification of Degrees of Protection Provided by Enclosures.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60621-2:1978

INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES POUR CHANTIERS EXTÉRIEURS SOU MIS À DES CONDITIONS SÉVÈRES (Y COMPRIS MINES À CIEL OUVERT ET CARRIÈRES)

Deuxième partie: Prescriptions générales de protection

CHAPITRE I: PROTECTION CONTRE LES CONTACTS DIRECTS

(Protection contre les chocs électriques en service normal)

INTRODUCTION

Dans ce chapitre, les prescriptions à suivre en vue de la protection contre les contacts directs sont décrites pour toutes les installations dont la tension est inférieure ou égale à 1 000 V, et pour celles dont la tension est supérieure à 1 000 V. Les prescriptions relatives aux installations dont la tension est inférieure ou égale à 1 000 V sont tirées essentiellement de la Publication 364 de la CEI: Installations électriques des bâtiments, dans les cas où elles sont applicables.

1. Prescriptions générales

A l'exception des cas prévus par le paragraphe 1.1, la protection contre les contacts directs sera obtenue en appliquant les prescriptions contenues dans l'article 6 et dans l'un des articles 2, 3, 4 ou 5.

1.1 Exceptions aux prescriptions générales

a) Limitation de la tension

La protection contre les contacts directs est considérée comme assurée lorsqu'on utilise une « très basse tension de sécurité » ou une « très basse tension fonctionnelle ». Se reporter à la Publication 364-4-41 de la CEI: Quatrième partie: Protection pour assurer la sécurité. Chapitre 41: Protection contre les chocs électriques.

b) Limitation de la décharge d'énergie

A l'étude.

c) Conducteurs neutres et de protection

La protection contre les contacts directs, pour les conducteurs neutres et de protection, est considérée comme assurée lorsque lesdits conducteurs sont installés selon les détails donnés par les paragraphes applicables (voir paragraphes 7.1, 9.5, 10.1 et 11.2).

2. Protection totale au moyen de barrières ou d'enveloppes

Les barrières ou enveloppes sont destinées à empêcher le contact de personnes ou d'animaux d'élevage avec les parties actives de l'installation électrique.

ELECTRICAL INSTALLATIONS FOR OUTDOOR SITES UNDER HEAVY CONDITIONS (INCLUDING OPEN-CAST MINES AND QUARRIES)

Part 2: General protection requirements

CHAPTER I: PROTECTION AGAINST DIRECT CONTACT

(Protection against electric shock in normal service)

INTRODUCTION

In this chapter, the requirements for protection against direct contact are described for all installations with voltages up to and including 1 000 V and with those above 1 000 V. The requirements for installations for voltages up to 1 000 V are taken over essentially from IEC Publication 364, Electrical Installations of Buildings, as applicable.

1. General requirements

Except as provided in Sub-clause 1.1, protection against direct contact shall be provided by compliance with the requirements contained in Clause 6 and in one of the Clauses 2, 3, 4 or 5.

1.1 Exceptions to the general requirements

a) Limitation of voltage

Protection against direct contact is deemed to be ensured where a protective measure “safety extra low voltage” or “functional extra low voltage” is used. Refer to IEC Publication 364-4-41, Part 4: Protection for Safety; Chapter 41: Protection Against Electric Shock.

b) Limitation of discharge of energy

Under consideration.

c) Neutral and protective conductors

Protection against direct contact for neutral and protective conductors is deemed to be ensured when such conductors are installed in accordance with the applicable sub-clauses (see Sub-clauses 7.1, 9.5, 10.1 and 11.2).

2. Complete protection by means of barriers or enclosures

Barriers or enclosures are intended to prevent contact of persons or livestock with live parts of the electrical installation.

Les distances d'isolement minimales dans l'air entre conducteurs nus en plein air et entre de tels conducteurs et parties mises à la terre (barrières et enveloppes) doivent être conformes à celles qui sont indiquées aux tableaux I ou II. Ces distances n'ont pas besoin d'être appliquées à l'intérieur d'appareils électriques, d'appareils de connexion ou d'ensembles fabriqués, ni lorsque l'installation doit satisfaire à d'autres normes.

TABLEAU I

Distances d'isolement dans l'air pour installations intérieures

Valeur efficace maximale de tension nominale de fonctionnement (kV)	1	3	6	10	20	30	45	60	110
Distance minimale pour installations exposées à des surtensions (mm)	40	65	90	115	165	325	520	700	1 100
Distance minimale pour installations protégées contre les surtensions ou raccordées à des câbles (mm)	40	60	70	90	160	270	380	520	950

TABLEAU II

Distances d'isolement dans l'air pour installations extérieures

Valeur efficace maximale de tension nominale de fonctionnement (kV)	10	20	30	45	60	110	150	220
Distance minimale pour installations exposées à des surtensions (mm)	150	215	325	520	700	1 100	1 550	2 200
Distance minimale pour installations protégées contre les surtensions ou raccordées à des câbles (mm)	150	160	270	380	520	950	1 350	1 850

Ces tableaux tiennent compte du fait que la tension du réseau peut varier jusqu'à 20% de la tension nominale de fonctionnement.

Les tableaux peuvent être employés pour indiquer les distances d'isolement dans l'air entre conducteurs et terre dans un schéma TN ou TT, pour la tension entre phase et terre.

Ces distances d'isolement minimales dans l'air ne tiennent pas compte de facteurs tels que lignes de fuite, différents niveaux de tension dans la même région, conditions climatiques défavorables, etc.

Note. — Les prescriptions pour les lignes de fuite et pour les distances de sécurité sont à l'étude.

The minimum electrical clearance distances in air between field-installed bare conductors and between such conductors and earthed parts (such as barriers and enclosures) shall be in accordance with Tables I or II. The clearance distances in these tables need not apply within electrical apparatus, wiring devices or manufactured assemblies nor when the installation is covered by other standards.

TABLE I

Clearance distances for indoor installations

Maximum r.m.s. value of rated operating voltage (kV)	1	3	6	10	20	30	45	60	110
Minimum distance for installations subject to overvoltages (mm)	40	65	90	115	215	325	520	700	1 100
Minimum distance for installations protected against overvoltages or connected to cables (mm)	40	60	70	90	160	270	380	520	950

TABLE II

Clearance distances for outdoor installations

Maximum r.m.s. value of rated operating voltage (kV)	10	20	30	45	60	110	150	220
Minimum distance for installations subject to overvoltages (mm)	150	215	325	520	700	1 100	1 550	2 200
Minimum distance for installations protected against overvoltages or connected to cables (mm)	150	160	270	380	520	950	1 350	1 850

These tables take into consideration the fact that the system voltage may vary up to 20% from the rated operating voltage.

The tables may be used to indicate clearance distances between conductors and earth in a TN or TT system by using the phase-to-earth voltage.

These minimum clearance distances do not take into consideration such factors as creepage distances, different voltage levels in the same area nor extreme environmental conditions etc.

Note. — The requirements for “creepage distances” and “safety distances” are under consideration.

2.1 Protection contre les parties actives

Toutes les parties actives doivent être placées à l'intérieur d'enveloppes ou derrière des barrières assurant au moins un degré de protection établi selon les données du tableau III.

2.2 Solidité et stabilité des barrières et enveloppes

Toutes les barrières et enveloppes doivent être fixées solidement. Compte tenu de leur nature, de leurs dimensions et de leur disposition, elles doivent être d'une robustesse et d'une durabilité suffisantes pour résister efficacement aux efforts ou aux pressions susceptibles de se présenter en service normal.

2.3 Accès aux installations

Lorsqu'il est nécessaire de prévoir l'enlèvement des barrières, l'ouverture des enveloppes ou la suppression de parties d'enveloppes (portes, boîtiers, couvercles, etc.), cette opération ne doit pouvoir se faire qu'à l'une des conditions suivantes :

a) Clé ou outil

L'enlèvement, l'ouverture ou la suppression des barrières ou des enveloppes doivent nécessiter l'emploi d'une clé ou d'un outil.

b) Dispositif de verrouillage

Un dispositif de verrouillage doit être prévu de façon que l'enlèvement, l'ouverture ou la suppression sans l'utilisation d'une clé ou d'un outil ne puissent s'effectuer sans que, au préalable, soient déconnectées toutes les parties actives se trouvant derrière la barrière ou l'enveloppe, parties qui pourraient être touchées accidentellement. La tension ne doit pouvoir être rétablie que lorsque la barrière ou l'enveloppe a été remise en place ou refermée.

Il doit être prévu un dispositif de décharge d'énergie accumulée dans les condensateurs ou les réseaux de câbles lorsqu'il est à craindre un risque de choc électrique.

c) Coupure automatique de l'alimentation

L'enlèvement, l'ouverture ou la suppression sans l'utilisation d'une clé ou d'un outil doivent entraîner la déconnexion automatique du réseau avant qu'il ne soit possible de toucher accidentellement toute partie active placée derrière la barrière ou l'enveloppe. La tension ne doit pouvoir être rétablie que lorsque la barrière ou l'enveloppe a été remise en place ou refermée.

d) Écran interne d'interposition

On devra installer un écran interne d'interposition de telle façon qu'il ne puisse y avoir aucun contact avec l'une quelconque des parties actives lorsque la barrière ou l'enveloppe est enlevée. Cet écran doit répondre aux prescriptions des paragraphes 2.1 (sauf toutefois pour les cas prévus au point e) ci-dessous) et 2.2; il sera fixé solidement en position ou sera mobile de manière à prendre sa place au moment où la barrière ou l'enveloppe s'enlève. On ne pourra retirer cet écran qu'au moyen d'un outil ou d'une clé.

Cet écran peut, par exemple, se présenter comme un volet de protection coulissant qui vient masquer les contacts d'amenée de courant, dans le cas d'un ensemble déconnectable.

2.1 *Protection from live parts*

All live parts shall be inside enclosures or behind barriers providing at least the degrees of protection in accordance with Table III.

2.2 *Strength and stability of barriers and enclosures*

Barriers and enclosures shall be firmly secured in place. Taking into account their nature, size and arrangement, they shall have sufficient stability and durability to resist the strains and stresses likely to occur in normal service.

2.3 *Access to installation*

Where it is necessary to make provision for the removal of barriers, the opening of enclosures, or the withdrawal of parts of enclosures (doors, casings, lids, covers and the like), this shall be in accordance with one of the following items:

a) *Key or tool*

Removal, opening or withdrawal shall necessitate the use of a key or tool.

b) *Interlocking device*

An interlocking device shall be provided so that removal, opening or withdrawal without the use of a key or tool necessitates previous switching off of all live parts behind the barrier or enclosure which might be touched accidentally. Restoration of supply shall be possible only after replacement or reclosure of the barriers or enclosures.

Provision shall be made for the discharge of stored energy in capacitors or cable systems where they are likely to give rise to the risk of electric shock.

c) *Automatic disconnection*

Removal, opening or withdrawal without the use of a key or tool shall initiate automatic switching off before live parts behind the barrier or enclosure can be touched accidentally. Restoration of supply shall be possible only after replacement or reclosure of the barriers or enclosures.

d) *Internal interposing screen*

An internal interposing screen shall be so positioned that none of the live parts can be touched while the barrier or enclosure is removed. The screen shall meet the requirements in Sub-clauses 2.1 (except as provided in Item *e*) below) and 2.2; it may be either firmly secured in place or slid into place at the moment the barrier or enclosure is removed. It shall not be removable except by means of a tool or key.

Such a screen may be a protective shutter which, in the case of a disconnectable assembly, slides into place in front of the feed line contacts.

e) Accès aux coupe-circuit à fusibles ou aux lampes

Dans le cas où une partie quelconque placée derrière la barrière ou l'enveloppe est l'objet d'opérations occasionnelles (telles que le remplacement d'une lampe ou d'un élément de coupe-circuit à fusibles) l'enlèvement, l'ouverture ou la suppression des barrières ou enveloppes sans l'utilisation d'une clé ou d'un outil, et sans déconnexion, ne doivent être possibles que si les conditions suivantes sont simultanément remplies :

i) Une deuxième barrière, disposée à l'intérieur de la barrière ou de l'enveloppe, doit empêcher toute personne d'entrer accidentellement en contact avec une partie active non protégée par une autre mesure de protection.

Cependant, il n'est pas nécessaire que cette deuxième barrière empêche une personne d'entrer volontairement en contact avec les parties actives en la contournant avec la main. Il est néanmoins obligatoire que cette deuxième barrière ne puisse être enlevée sans l'utilisation d'un outil ou d'une clé.

ii) La tension de toute partie active derrière la deuxième barrière ne doit pas dépasser 660 V.

3. Protection totale par isolation des parties actives

Cette isolation est destinée à empêcher tout contact de personnes ou d'animaux d'élevage avec les parties actives d'une installation électrique.

3.1 Degré d'isolation

Les parties actives doivent être complètement recouvertes d'une isolation qui ne puisse être retirée que par destruction.

3.2 Type d'isolation

L'isolation doit être conforme aux prescriptions applicables au matériel électrique.

4. Protection partielle par mise hors de portée par éloignement des parties actives

La mise hors de portée par éloignement est conçue de façon à empêcher les contacts involontaires avec des parties actives.

Voir le tableau III

4.1 La protection contre les chocs électriques en service normal par la mise hors de portée par éloignement des parties actives, dans toutes les directions, est considérée comme assurée si la distance séparant les parties qui ne sont pas accessibles simultanément est inférieure à la distance minimale indiquée dans le tableau IV, correspondant à la tension considérée.

Dans les cas où l'espace normalement occupé par des personnes est limité par un obstacle qui offre un degré de protection inférieur à IP2X, les distances spécifiées seront mesurées à partir de cet obstacle.

Comme exemples de tels obstacles, on peut citer: mains courantes, grillages, barrières de protection partielle.

e) Access to fuses or lamps

Where any parts behind the barrier or enclosure need occasional handling (such as the replacement of a lamp or of a fuse-link) the removal, opening or withdrawal without the use of a key or tool and without switching off shall be possible only if the following conditions are simultaneously fulfilled:

- i) A second barrier shall be provided inside that barrier or enclosure so as to prevent persons from coming accidentally into contact with live parts not protected by another protective measure.

However, this second barrier need not prevent persons from coming intentionally into contact with live parts by bypassing it with the hand. Nevertheless, it shall not be possible to remove the second barrier except through the use of a key or tool.

- ii) The voltage of all live parts behind the second barrier shall not exceed 660 V.

3. Complete protection by insulation of live parts

The insulation is intended to prevent any contact of persons or livestock with live parts of the electrical installation.

3.1 Degree of insulation

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

3.2 Type of insulation

The insulation shall comply with the relevant requirements for the electrical equipment.

4. Partial protection by placing live parts out of reach

Placing out of reach is designed to prevent unintentional contact with live parts.

See Table III.

- 4.1 Protection against shock in normal service by placing live parts so as to be out of reach from all directions is considered to be ensured if no simultaneous accessible live parts are at distances less than the minimum stated in Table IV, for the appropriate voltage.

If the extent of locations normally occupied by persons is limited by an obstacle which affords a degree of protection less than IP2X, the distance specified shall extend from this obstacle.

Examples of such obstacles are handrails, open mesh screens and partial protective barriers.

TABLEAU III

*Degrés de protection minimaux contre les contacts directs au moyen de barrières ou d'enveloppes
(applicable aux parties actives seulement)*

Domaine de tension (en courant alternatif)	Dans les zones d'opération	Dans les zones d'opération électrique	Dans les zones d'opération électrique fermées
$50 < U \leq 1\,000\text{ V}$	Protection complète IP2X ou IP4X pour des surfaces supérieures ou des bar- rières ou enveloppes faci- lement accessibles. Cela s'applique en particulier aux parties d'enveloppe dont on peut se servir comme plate-forme **	Protection partielle IP1X * si $U \leq 660\text{ V}$ ou si des parties sous différentes tensions, qui ne sont pas simultanément accessibles, sont situées dans le volume d'accessibilité Protection complète IP2X si $U > 660\text{ V}$ ou IP4X si $U > 660\text{ V}$ pour des sur- faces supérieures ou des barrières/enveloppes facile- ment accessibles Cela s'applique en particulier aux parties d'enveloppes dont on peut se servir com- me plate-forme **	Pas de protection IP0X si $U \leq 660\text{ V}$ Protection partielle IP0X * si $U > 660\text{ V}$ ou si des parties sous différentes tensions, qui ne sont pas simultanément accessi- bles, sont situées dans le volume d'accessibilité **
$U > 1\,000\text{ V}$	Protection complète IP5X dans le volume d'accessi- bilité (au toucher) Protection partielle IP2X hors du volume d'accessi- bilité	Protection complète IP5X dans le volume d'accessibilité (au toucher) Protection partielle IP1X* hors du volume d'accessibilité	Protection partielle IP1X *

U = tension nominale entre phases de l'installation.

* Dans les zones d'opération électrique et les zones d'opération électrique fermées, le degré de protection est considéré comme équivalent à IP1X si les éléments sont placés hors du volume d'accessibilité ou si leur accès est défendu par des obstacles tels que des barrières de protection ou des mains courantes (voir les articles 4 et 5).

** L'utilisation d'une prise de courant au sol n'est pas interdite mais ces prises doivent être couvertes lorsqu'elles ne sont pas en utilisation.

Notes 1. — En ce qui concerne les détails sur les classifications IP, voir la Publication 529 de la CEI: Classification des degrés de protection procurés par les enveloppes. Telle qu'elle est utilisée dans la présente norme, la classification IP n'est utilisée que pour spécifier le degré de protection nécessaire pour protéger les personnes contre le contact avec des parties actives. Une protection supplémentaire peut être exigée en ce qui concerne la protection contre le contact avec des pièces en mouvement ou pour empêcher la pénétration de corps solides étrangers, tels que la poussière.

2. — Dans le cas du courant continu, les domaines de tensions du tableau ci-dessus peuvent être augmentés dans la proportion de 1,5, c'est-à-dire que les domaines ont pour limite 1 500 V.

5. Protection partielle au moyen d'obstacles

Une protection partielle, assurée au moyen d'obstacles, est destinée à empêcher les contacts involontaires avec des parties actives, mais non les contacts volontaires par contournement des obstacles avec la main (voir le tableau III).

TABLE III

*Minimum protection against direct contact by barriers or enclosures
(applicable to live parts only)*

Voltage band (a.c.)	Within operating areas	Within electrical operating areas	Within closed electrical operating areas
$50 < U \leq 1\,000\text{ V}$	Complete protection IP2X or IP4X for top surfaces or barriers or enclosures which are readily accessible. This applies in particular to those parts of enclosures which might serve as a standing surface **	Partial protection IP1X* if $U \leq 660\text{ V}$ or no simultaneously accessible parts at different voltages are situated within arm's reach Complete protection IP2X if $U > 600\text{ V}$ or IP4X if $U > 660\text{ V}$ for top surfaces or barriers or enclosures which are readily accessible This applies in particular to those parts of enclosures which might serve as a standing surface **	No protection IP0X if $U \leq 660\text{ V}$ Partial protection IP0X* if $U > 600\text{ V}$ or no simultaneously accessible parts at different voltages are situated within arm's reach **
$U > 1\,000\text{ V}$	Complete protection IP5X within arm's reach Partial protection IP2X beyond arm's reach	Complete protection IP5X within arm's reach Partial protection IP1X* beyond arm's reach	Partial protection IP1X*

U = rated voltage of the installation between lines.

* For electrical operating areas and closed electrical operating areas, protection equivalent to IP1X is also considered to be achieved by placing out of reach or by the interposition of obstacles, for example, by means of protective barriers or handrails (see Clauses 4 and 5).

** The use of floor plug and socket connector is not precluded but such sockets shall be covered when not in use.

Notes 1. — For details on IP classifications, see IEC Publication 529, Classification of Degrees of Protection Provided by Enclosures. As used in the present standard, the IP classification is intended to specify only the degree of protection required to protect persons from contact with live parts. Additional protection may be required for protection from contact with moving parts or to prevent ingress of solid foreign bodies, such as dust.

2. — In the case of d.c. voltages, the voltage bands in the above table may be increased in the ratio of 1:1.5, namely up to 1 500 V and above.

5. Partial protection by the provision of obstacles

Partial protection by the interposition of obstacles is designed to prevent unintentional contact with live parts, but not intentional contact as may result when a person deliberately tries to circumvent the obstacles with his hand (see Table III).

5.1 La protection contre les chocs électriques en service normal au moyen d'obstacles est considérée comme assurée dans les cas où ces obstacles empêchent:

- soit une approche physique involontaire des parties actives, par exemple au moyen de barrières de protection, de mains courantes ou d'obstacles analogues;
- soit un contact involontaire avec les parties actives lors d'interventions en cours d'exploitation sur des parties sous tension, par exemple au moyen d'écrans ou de poignées de protection sur les coupe-circuit à fusibles.

Cet obstacle peut être amovible sans l'emploi d'une clé ou d'un outil, mais doit être fixé d'une façon telle qu'on ne puisse le retirer involontairement.

6. Distances minimales à observer dans les passages de service et d'entretien dans les installations intérieures

Ces distances minimales sont destinées à procurer une protection contre les contacts directs tout en permettant la circulation dans les passages pour les besoins de service et d'entretien.

6.1 Distances minimales

Pour les installations intérieures, les distances minimales à observer dans les passages de service et d'entretien doivent être conformes au tableau IV.

Note. — Les règlements locaux peuvent prescrire des valeurs plus élevées.

6.2 Largeur minimale

S'il n'est pas possible d'observer les distances spécifiées on peut réduire les largeurs indiquées au tableau IV, à condition que le degré de protection soit supérieur ou égal à IP4X. La largeur minimale peut être réduite à 375 mm pour des passages restreints de longueurs inférieures ou égales à 2 m.

6.3 Accès

Pour déterminer l'accès aux passages de service et d'entretien, on se conformera à ce qui suit:

a) Cas où la tension est inférieure ou égale à 1 000 V

Dans les installations où le régime nominal de la tension de service ne dépasse pas 1 000 V, on devra pouvoir accéder par les deux extrémités à tout passage de service ou d'entretien dont la longueur dépasse 20 m. Si la longueur est inférieure à 20 m mais supérieure à 6 m, il est recommandé de prévoir une possibilité d'accès par les deux extrémités.

b) Cas où la tension est supérieure à 1 000 V

Dans les installations où le régime nominal de la tension de service est au-dessus de 1 000 V, on devra pouvoir accéder par les deux extrémités à tout passage de service ou d'entretien dont la longueur dépasse 6 m.

Pour les passages très longs, on recommande des voies d'accès supplémentaires.

5.1 Protection against electric shock in normal service by the provision of obstacles is considered to be ensured if such obstacles prevent either:

- an unintentional bodily approach to live parts, this being achieved by, for example, protective barriers, handrails or such partitions; or
- an unintentional contact with live parts when live equipment is handled during operation, for example by the provision of screens or by protective handles on fuses.

The obstacle may be removable without the use of a tool or key, but it shall be secured in place in such a manner as to prevent involuntary removal.

6. Minimum distances to be observed in operating and maintenance gangways for indoor installations

Minimum distances are intended to provide protection against direct contact while permitting access to and from gangways for operating and maintenance purposes.

6.1 Minimum distances

For indoor installations, the minimum distances to be observed in operating and maintenance gangways shall be in accordance with Table IV.

Note. — Local legislative requirements may specify larger values.

6.2 Minimum width

If it is not practical to achieve the specified clearances, values less than the widths shown in Table IV may be used provided the degree of protection is equal to or greater than IP4X. In such cases the minimum width may be reduced to 375 mm for restricted gangways for lengths up to 2 m.

6.3 Access

Access to and from maintenance and operating gangways shall be in accordance with the following:

a) For voltages up to and including 1 000 V

For installations having a rated operating voltage of not more than 1 000 V, operating and maintenance gangways of a length exceeding 20 m shall be accessible from both ends. For gangways shorter than 20 m but exceeding 6 m, access from both ends is recommended.

b) For voltages above 1 000 V

For installations having a rated operating voltage greater than 1 000 V, operating and maintenance gangways of a length exceeding 6 m shall be accessible from both ends.

For very long gangways, additional access ways are recommended.

c) Portes d'accès

Il est recommandé que les portes d'accès aux passages répondent aux caractéristiques suivantes:

i) elles doivent s'ouvrir vers l'extérieur;

Note. — Les locaux surpressés et autres locaux spéciaux peuvent avoir besoin de portes s'ouvrant vers l'intérieur.

ii) on doit pouvoir les ouvrir sans avoir à se servir de ses mains;

iii) il doit y avoir une surface libre d'au moins 1,5 m² à l'extérieur de la porte, surface dont la longueur et la largeur doivent être approximativement égales.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60621-2:1978

c) *Access doors*

It is recommended that access doors to gangways should:

i) swing outwards:

Note. — Pressurized rooms and other special rooms may require doors to swing inwards.

ii) open without the use of hands;

iii) have a free space outside the door of at least 1.5 m² with width and length of approximately equal dimensions.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60621-2:1978

TABEAU IV
*Distances minimales à observer dans les passages de service et d'entretien
dans les installations intérieures
(distances en millimètres)*

Valeur efficace maximale de la tension nominale de fonctionnement (kV)	Protection complète requise dans le tableau III										Protection partielle ou nulle requise dans le tableau III																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
	Distances entre les obstacles ou poignées d'interrupteurs et mur					Distances entre les obstacles ou poignées d'interrupteurs					Hauteur des parties actives au-dessus du niveau du sol					Distances entre les murs et les parties actives					Passage libre devant les commandes					Hauteur des parties actives au-dessus du niveau du sol					Parties actives des deux côtés avec une protection IP1X ou IP0X					Distances entre les parties actives et les conducteurs des deux côtés					Passages libres entre les commandes																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
Hauteur sous les barrières ou les enveloppes					Distances entre les obstacles ou poignées d'interrupteurs					Distances entre les parties actives au-dessus du niveau du sol					Entretien					Opération					Entretien					Opération					Entretien					Opération																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
Entretien					Opération					Entretien					IP1X					IP0X					IP1X					IP0X					IP1X					IP0X					Entretien					IP1X					IP0X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
1	2 000	700	700	700	700	700	700	700	700	700	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 0

Note. — Les distances minimales pour les tensions supérieures à 110 kV sont à l'étude

TABLE IV

Minimum distances to be observed in operating and maintenance gangways
for indoor installations
(distances in millimetres)

Maximum r.m.s. value of rated operating voltage (kV)	Complete protection as required in Table III										Partial or no protection as required in Table III									
	Live parts on one side with IP1X or IP0X protection					Live parts on both sides with IP1X or IP0X protection					Live parts on both sides with IP1X or IP0X protection					Live parts on both sides with IP1X or IP0X protection				
	Height below barriers or enclosures		Width between obstacles or switch handles and wall		Height of live parts above floor level	Width between wall and live parts		Free passage in front of controls		Height of live parts above floor level	Width between live parts and conductors on both sides		Free passage between controls		Height of live parts above floor level	Width between live parts and conductors on both sides		Free passage between controls		Height of live parts above floor level
	Maint.	Opn.	Maint.	Opn.		Maintenance	Operation	Maint.	Opn.		Maintenance	Operation	Maint.	Opn.		Maintenance	Operation	Maint.	Opn.	
						IP1X	IP0X	IP1X	IP0X		IP1X	IP0X	IP1X	IP0X		IP1X	IP0X	IP1X	IP0X	
1	2 000	700	700	700	2 300	1 000	1 000	1 000	1 000	2 300	1 000	1 200	900	1 200	2 300	1 000	1 200	900	1 200	1 100
3	2 000	800	1 000	1 200	2 500	1 000	1 300	1 165	1 500	2 500	1 330	1 530	1 000	1 530	2 500	2 000	2 200	1 000	1 200	1 200
6	2 000	800	1 000	1 200	2 500	1 000	1 300	1 190	1 500	2 500	1 380	1 580	1 000	1 580	2 500	2 000	2 200	1 000	1 200	1 200
10	2 000	800	1 000	1 200	2 500	1 015	1 300	1 215	1 500	2 500	1 430	1 630	1 000	1 630	2 500	2 000	2 200	1 000	1 200	1 200
20	2 000	800	1 000	1 200	2 500	1 115	1 300	1 315	1 500	2 500	1 630	1 830	1 000	1 830	2 500	2 000	2 200	1 000	1 200	1 200
30	2 000	800	1 000	1 200	2 550	1 225	1 325	1 425	1 525	2 550	1 850	2 050	1 000	2 050	2 550	2 050	2 250	1 000	1 200	1 200
45	2 000	800	1 000	1 200	2 700	1 420	1 520	1 620	1 720	2 700	2 240	2 440	1 000	2 440	2 700	2 440	2 640	1 000	1 200	1 200
60	2 000	800	1 000	1 200	2 800	1 600	1 700	1 800	1 900	2 800	2 600	2 800	1 000	2 800	2 800	2 600	3 000	1 000	1 200	1 200
110	2 000	800	1 000	1 200	3 250	2 000	2 100	2 200	2 300	3 250	3 400	3 600	1 000	3 600	3 250	3 400	3 800	1 000	1 200	1 200

Note. — Minimum distances for voltages above 110 kV are under consideration.
Maint. = maintenance.
Opn. = operation.

CHAPITRE II: PROTECTION CONTRE LES CONTACTS INDIRECTS EN COURANT ALTERNATIF

(Protection contre les chocs électriques en cas de défaut)

INTRODUCTION

Les mesures de protection spécifiées sont étudiées de façon à empêcher le maintien de la tension de contact après le moment où un défaut se produit pendant une durée telle qu'il risque d'en résulter un danger pour les humains ou pour les animaux d'élevage. Ces mesures ont été déterminées en fonction de l'expérience et en tenant compte de la probabilité pour les êtres humains ou les animaux d'élevage de se trouver dans une situation de contact indirect et en tenant compte également de la nature de l'installation impliquée dans cette situation de défaut.

Dans le cas d'un défaut à la terre, la protection sera effectuée soit par une coupure automatique de l'alimentation en tenant compte des conditions spécifiques de tension et de durée, soit en ramenant la tension de contact indirect en dessous de sa limite normale pour laquelle la coupure de l'alimentation n'est pas exigée.

Les mesures de protection contre les contacts indirects avec un conducteur de protection pour toutes les installations dont la tension est au plus égale à 1 000 V et pour celles dont la tension est supérieure à 1 000 V sont décrites dans ce chapitre. Les prescriptions relatives aux installations dont la tension est inférieure ou égale à 1 000 V sont tirées essentiellement de la Publication 364 de la C E I, lorsqu'elles sont applicables.

Note. — La protection contre les contacts indirects en courant continu est à l'étude.

7. Généralités

7.1 Toutes les masses doivent être reliées à un conducteur de protection.

Le point de mise à la terre du réseau devra être connecté à une prise de terre près du transformateur ou de l'alternateur respectif si, effectivement, ce point est mis à la terre.

S'il est prescrit que le conducteur de protection doit être mis à la terre séparément, la connexion à la terre sera faite à une distance éloignée de la prise de terre du réseau. Si on dispose de bons moyens ou points de mise à la terre, le conducteur de protection sera de préférence connecté à ces points, à autant d'endroits que possible. Une mise à la terre multiple, à des points répartis de façon aussi régulière que possible, peut être nécessaire en vue d'assurer que le potentiel du conducteur de protection reste aussi près que possible du potentiel de la terre, en cas de défaut.

Le conducteur de protection peut être un conducteur nu, c'est-à-dire non couvert d'un matériau isolant.

7.2 Un dispositif de protection coupera automatiquement le courant alimentant la partie de l'installation protégée par ce dispositif si, à la suite d'un défaut se produisant dans cette partie, la tension de contact qui en résulte ne peut pas être maintenue, en tout point de l'installation, à une valeur égale ou inférieure à la tension limite conventionnelle U_L ,

où $U_L = * \sim 50$ V (valeur efficace).

Note. — Dans certaines configurations des schémas IT (voir article 11), la coupure automatique du courant peut ne pas être nécessaire en cas de premier défaut.

* Il peut être nécessaire de spécifier des valeurs inférieures dans le cas de certaines applications ou de certains locaux (ou emplacements); par exemple un environnement humide et conducteur.

CHAPTER II: PROTECTION AGAINST INDIRECT CONTACT—A.C.

(Protection against electric shock in case of a fault)

INTRODUCTION

The protective measures specified are intended to prevent a touch voltage from persisting for such a length of time after the occurrence of a fault that danger to persons or livestock could arise. The measures have been developed from experience and consideration of the probability of persons or livestock being in an indirect contact situation and of the nature of the plant involved in the fault situation.

Protection shall be afforded in the case of an earth fault by either automatic disconnection of supply within specified conditions of voltage and time, or limitation of indirect contact voltage below the conventional voltage limit at which disconnection of the supply is not required.

In this chapter, the protective measures against indirect contact with a protective conductor for all installations with voltages up to and including 1 000 V and those above 1 000 V are described. The requirements for installations for voltages up to and including 1 000 V are taken over essentially from IEC Publication 364 as applicable.

Note. — Protection against indirect contact—d.c.—is under consideration.

7. General

7.1 All exposed conductive parts shall be connected to a protective conductor.

The earthable point of the power system, if earthed, shall be connected to an earth electrode near the respective power transformer or generator.

Where a protective conductor is required to be separately earthed, the connection to earth shall be made remote from the power system earth electrode. If good earthing facilities or points are available, the protective conductor shall preferably be connected to them at as many places as possible. Multiple earthing at points distributed as evenly as possible may be necessary in order to ensure that the potential of the protective conductor remains as close as possible to the earth potential in case of fault.

The protective conductor may be a bare conductor, that is, without a covering of insulating material.

7.2 A protective device shall automatically disconnect the supply to that part of the electrical installation protected by the device, if, following a fault in that part, the touch voltage cannot be maintained at any point of the installation at a value equal to or less than the conventional voltage limit U_L ,

where $U_L = * \sim 50$ V (r.m.s.).

Note. — In certain configurations of IT systems (see Clause 11), automatic disconnection may not be required on the occurrence of a first fault.

* It may be necessary to specify lower values for certain applications or locations, for example wet and conductive environments.

TABLEAU V

Schémas utilisant une tension de service inférieure ou égale à 1 000 V	
Tension de contact présumée (valeur efficace en courant alternatif) et temps de fonctionnement maximal	
Tension de contact présumée (V)	Temps de fonctionnement maximal (s)
< 50	∞
50	5
75	1
90	0,5
110	0,2
150	0,1
220	0,05
280	0,03

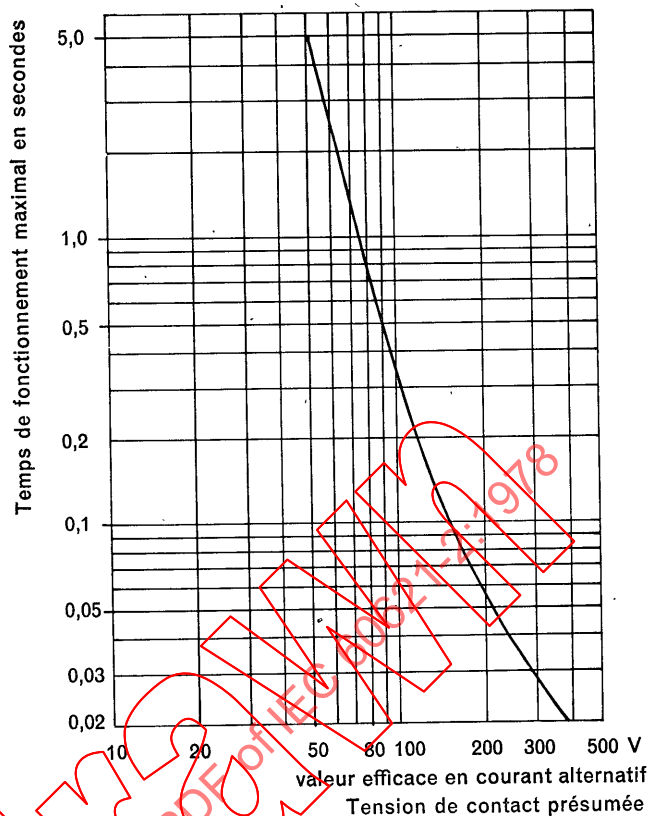


FIG. 1. — Représentation graphique du tableau V.

TABLEAU VI

Schémas de tension supérieure à 1 000 V	
Tension de contact présumée (valeur efficace en courant alternatif) et temps de fonctionnement maximal	
Tension de contact présumée (V)	Temps de fonctionnement maximal (s)
< 50	∞
80	5
120	1
150	0,5
180	0,4
300	0,1
420	0,05
550	0,03

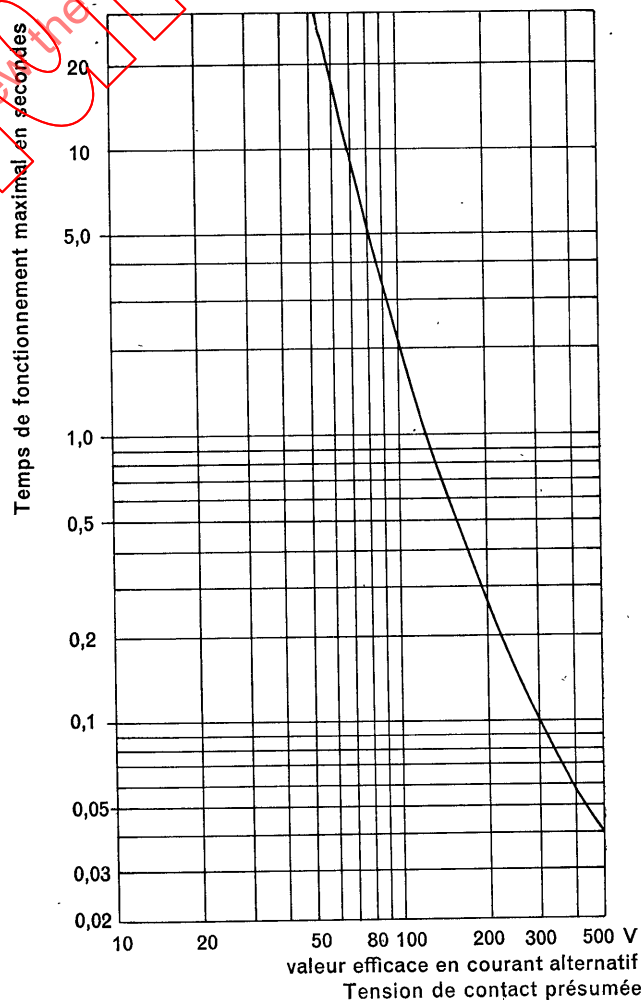
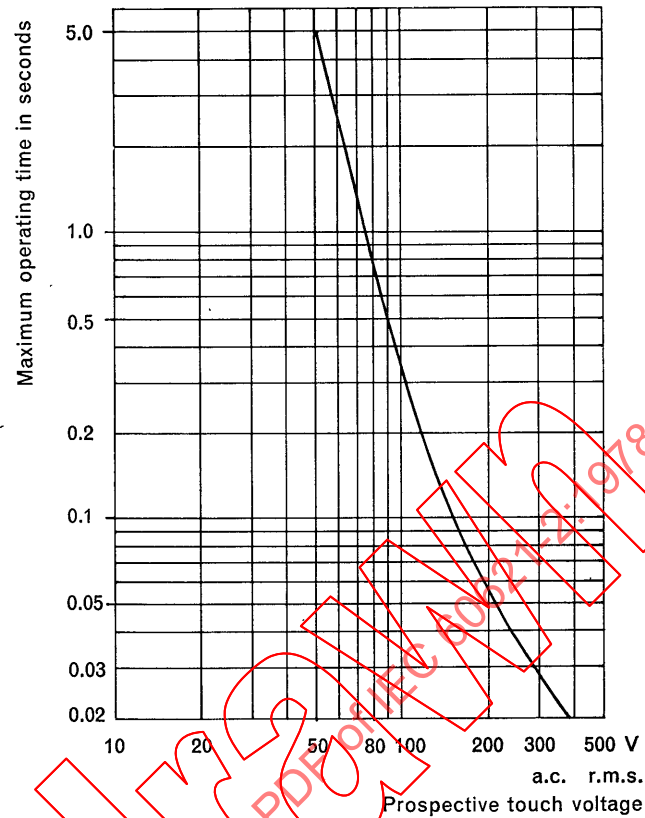


FIG. 2. — Représentation graphique du tableau VI.

TABLE V

Systems up to and including 1 000 V	
Prospective touch voltage (a.c.—r.m.s.) and maximum operating time	
Prospective touch voltage (V)	Maximum operating time (s)
< 50	∞
50	5
75	1
90	0.5
110	0.2
150	0.1
220	0.05
280	0.03

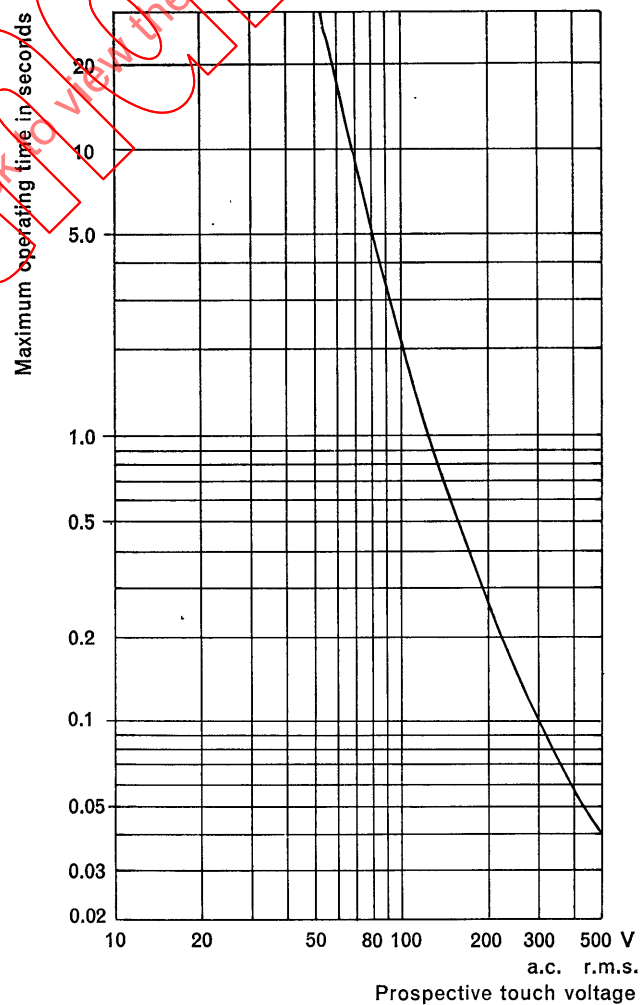


237/78

FIG. 1. — Graphical representation of Table V.

TABLE VI

Systems above 1 000 V	
Prospective touch voltage (a.c.—r.m.s.) and maximum operating time	
Prospective touch voltage (V)	Maximum operating time (s)
< 50	∞
80	5
120	1
150	0.5
180	0.4
300	0.1
420	0.05
550	0.03



238/78

FIG. 2. — Graphical representation of Table VI.

7.3 Les caractéristiques * des mesures à prendre ou des dispositifs de protection seront conformes aux règles suivantes:

- i) pour les tensions inférieures ou égales à 1 000 V: voir le tableau V;
- ii) pour les tensions supérieures à 1 000 V: voir le tableau VI.

7.4 Les prescriptions à suivre en vue de la protection en l'absence d'un conducteur de protection sont précisées dans la Publication 364-4-41 de la CEI comme suit:

- protection par isolation supplémentaire ou renforcée;
- protection dans les locaux (ou emplacements) non conducteurs;
- protection par séparation électrique.

Note. — La protection par très basse tension de sécurité est à l'étude.

7.5 Dans des installations particulières (par exemple réseaux alimentant des moteurs) dont la tension est inférieure ou égale à 1 000 V et où on peut faire une distinction nette et permanente entre:

- a) les parties de l'installation qui n'alimentent que du matériel installé à poste fixe, et
- b) les parties destinées à alimenter des appareils portatifs et mobiles ayant des masses susceptibles d'être tenues à la main,

le temps de coupure pour l'installation fixe ne devra pas dépasser 5 s.

Note. — « Distinction nette » signifie qu'un défaut se produisant dans une installation fixe ne diminue pas la sécurité des appareils portatifs ou mobiles, pour lesquels le temps de coupure indiqué dans le tableau V est applicable.

7.6 Il faut reconnaître que dans les réseaux utilisant une tension supérieure à 1 000 V, un temps défini est prescrit pour couper le courant en cas de défaut et que, dans certains cas, il peut exister des tensions de contact présumées plus élevées pendant le temps de la coupure. Dans de tels cas, la coupure devra avoir lieu dans les délais les plus courts possibles.

7.7 Ces mesures de protection nécessitent que soit établie une coordination entre:

- le type de schéma par rapport à la mise à la terre (article 8) et
- les caractéristiques des dispositifs de protection.

8. Description des schémas TN, TT et IT

8.1 Généralités

Les symboles utilisés dans la description des schémas ont la signification suivante:

Première lettre

Situation du point de mise à la terre du réseau, par rapport à la terre.

Note. — Dans les schémas triphasés, le point de mise à la terre est couramment le point neutre de l'alternateur ou du transformateur.

* Des valeurs plus élevées que celles données dans les tableaux V et VI peuvent être permises dans le cas de production d'énergie, de distribution d'énergie et d'alimentation où la probabilité d'exposition au danger est faible.

7.3 The characteristics * of the protective device or the measures shall comply with the following:

- i) for voltages up to and including 1 000 V: see Table V;
- ii) for voltages above 1 000 V: see Table VI.

7.4 The protective requirements without a protective conductor are in I E C Publication 364-4-41, namely:

- protection by supplementary or reinforced insulation;
- protection in non-conducting locations;
- protection by electrical separation.

Note. — Protection by safety extra low voltage is under consideration.

7.5 In particular installations (for example, systems supplying motors) up to and including 1 000 V where a clear and permanent distinction can be made between:

- a) those parts of the installation which supply only equipment installed at a fixed point, and
- b) those parts intended to supply portable and mobile apparatus having exposed conductive parts likely to be held in the hand,

then the disconnecting time for the fixed installation shall not exceed 5 s.

Note. — “Clear distinction” means that a fault in a fixed installation does not impair the safety of portable or mobile apparatus, for which the disconnecting time of Table V is relevant.

7.6 It must be recognized in systems above 1 000 V that a finite time is required to disconnect under a fault condition, and that during this time under some special situations, higher prospective touch voltages may exist during the disconnection process. In such situations, disconnection must take place in the shortest practical time.

7.7 The protective measures necessitate co-ordination of:

- the power system type in relation to earthing (Clause 8), and
- the characteristics of the protective devices.

8. TN, TT and IT systems description

8.1 General

The codes used in the description of the systems have the following meaning:

First letter

Relationship of the earthable point of the power system to earth:

Note. — In three-phase systems, the earthable point is commonly the neutral point of the generator or transformer.

* In the case of power generation, distribution and power suppliers, where there is a low probability of exposure to hazard, values in excess of those in Tables V and VI may be permitted.

T = liaison électrique directe (impédance la plus basse possible) à la terre;

I = soit aucune connexion (toutes les parties actives sont isolées par rapport à la terre), soit liaison avec la terre à travers une impédance (résistance ou bobines d'inductance) ou un circuit équivalent.

Deuxième lettre

Situation des masses de l'installation électrique par rapport à la terre:

T = liaison électrique directe (impédance la plus basse possible) à la terre, indépendamment de toute liaison au point de mise à la terre du réseau;

N = liaison électrique directe (impédance la plus basse possible) au point de mise à la terre du réseau.

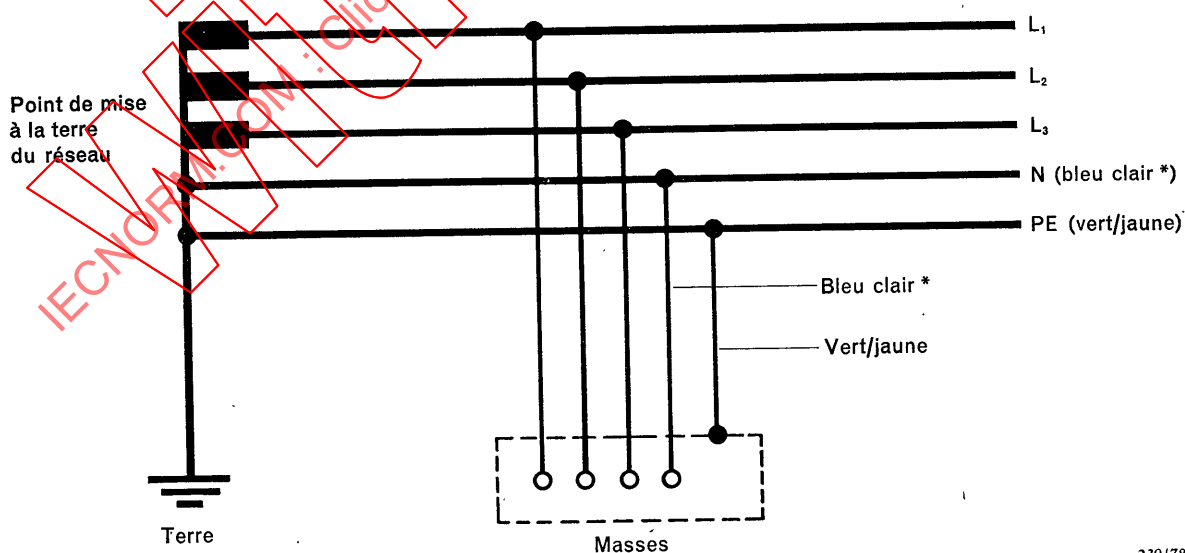
Dans la mesure où les caractéristiques des liaisons de mise à la terre ne sont pas connues, elles devront être précisées par l'exploitant du réseau d'alimentation.

8.2 Description des schémas

Selon la liaison de mise à la terre, il faut faire les distinctions suivantes:

a) Schéma TN (figures 3, 4 et 5)

Schéma dans lequel le point de mise à la terre du réseau est directement relié à la terre, les masses de l'installation étant reliées par des conducteurs de protection au point de mise à la terre du réseau.



239/78

* Couleur recommandée (voir paragraphe 9.6)

FIG. 3. — Schéma TN avec conducteur neutre et conducteur de protection séparés dans l'ensemble du schéma.

T = direct electrical connection (minimum practical impedance) to earth;

I = no connection (all live parts isolated from earth) or connected to earth through an impedance (resistor or reactor) or equivalent circuit.

Second letter

Relationship of the exposed conductive parts of the electrical installation to earth:

T = direct electrical connection (minimum practical impedance) to earth, independently of any connection to the earthable point of the power system;

N = direct electrical connection (minimum practical impedance) to the earthable point of the power system.

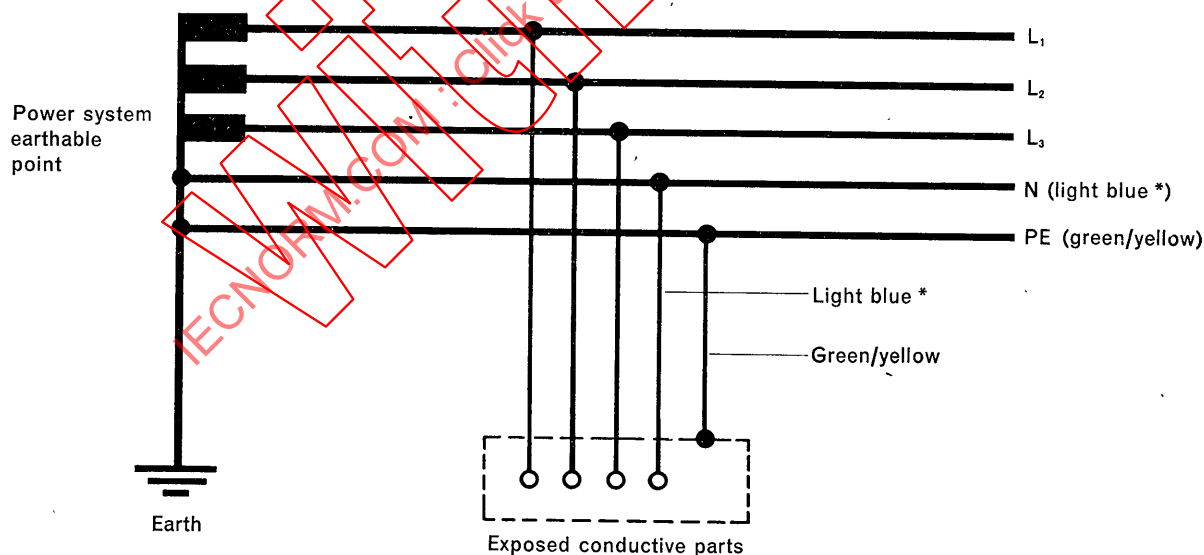
Where the characteristics of the system of earthing of the supply to the electrical installation are not known, they should be ascertained from the power supplier.

8.2 Description of the systems

The following distinction is made with regard to the system of earthing:

a) TN system (Figures 3, 4 and 5)

Power systems having the earthable point directly connected to earth and the exposed conductive parts of the installation being connected by protective conductors to the earthable point of the power system.

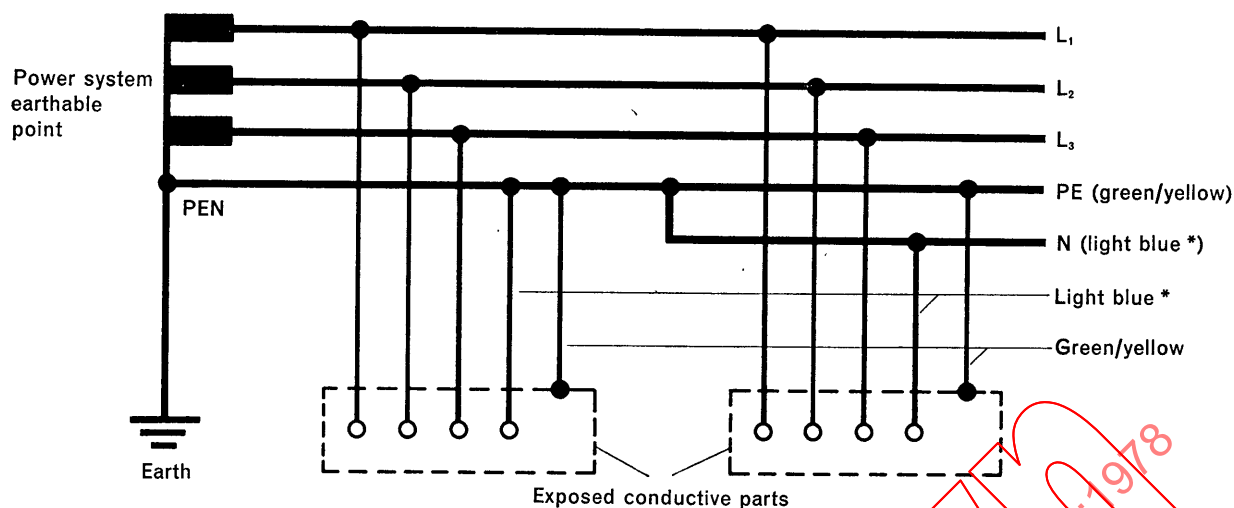


239/78

* Recommended colour (see Sub-clause 9.6)

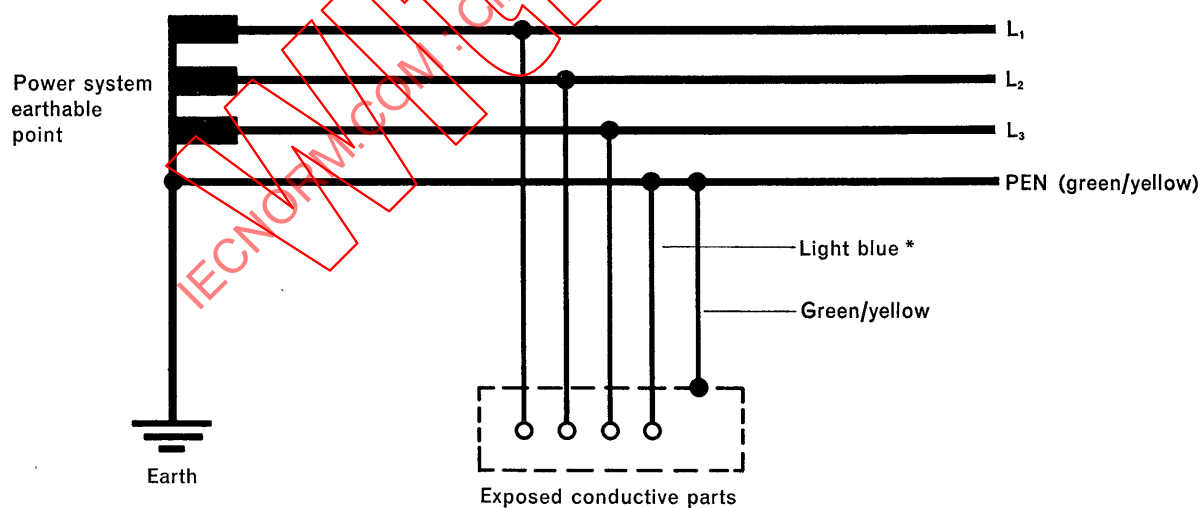
FIG. 3. — Power system TN with separate neutral and protective conductors throughout the system.

FIG. 5. — Schéma TN avec fonctions de neutre et de protection combinées en un seul conducteur dans l'ensemble du schéma.



* Recommended colour (see Sub-clause 9.6)

FIG. 4. — Power system TN with neutral and protective functions combined in a single conductor in a part of the system.

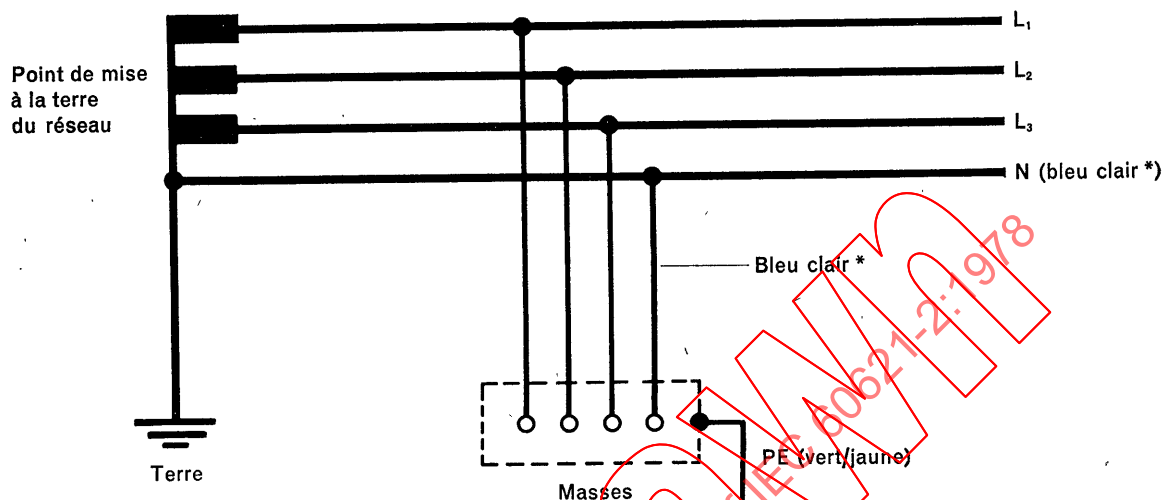


* Recommended colour (see Sub-clause 9.6)

FIG. 5. — Power system TN with neutral and protective functions combined in a single conductor throughout the system.

b) Schéma TT (figure 6)

Schéma dans lequel le point de mise à la terre du réseau est relié directement à la terre, les masses de l'installation étant reliées à des prises de terre électriquement distinctes des prises de terre du réseau.



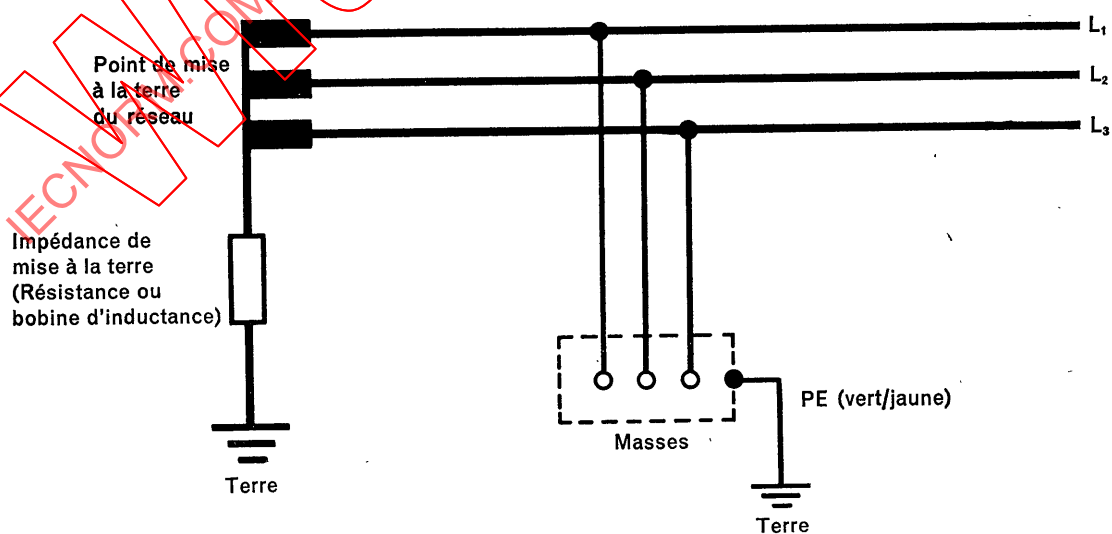
242/78

* Couleur recommandée (voir paragraphe 9.6)

FIG. 6. — Schéma TT.

c) Schéma IT (figures 7, 8 et 9)

Schéma dans lequel le point de mise à la terre du réseau n'est pas relié à la terre ou bien est relié à la terre à travers une impédance (résistance ou bobine d'inductance), les masses de l'installation étant reliées à des prises de terre qui peuvent être les mêmes que celles utilisées pour la résistance ou la bobine d'inductance de mise à la terre.



243/78

FIG. 7. — Schéma IT avec prises de terre indépendantes.

b) *TT* system (Figure 6)

Power systems having the earthable point directly connected to earth, the exposed conductive parts of the installation being connected to earth electrodes which are electrically independent of the earth electrodes of the power system.

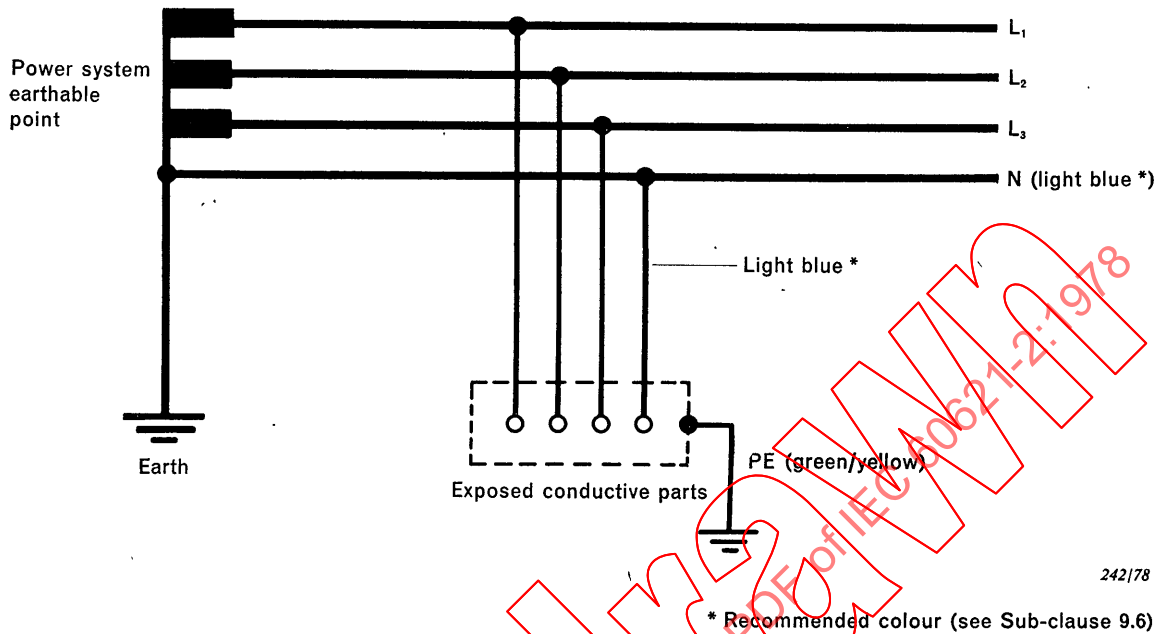


FIG. 6. — Power system TT.

c) *IT* system (Figures 7, 8 and 9)

Power systems having the earthable point not connected to earth, or connected to earth through an impedance (resistor or reactor), the exposed conductive parts of the installation being connected to earth electrodes which may be the same as those used for the earthing resistor or reactor.

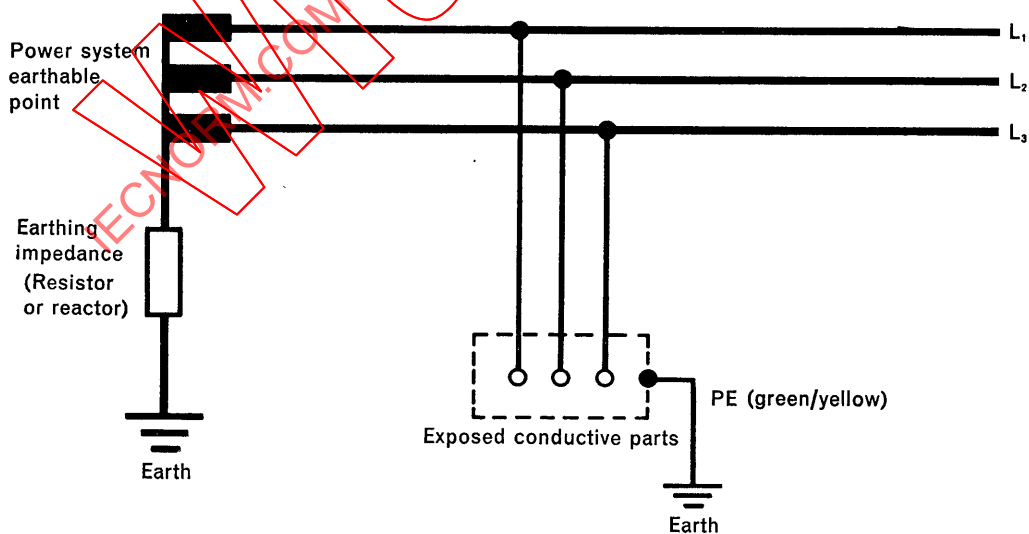
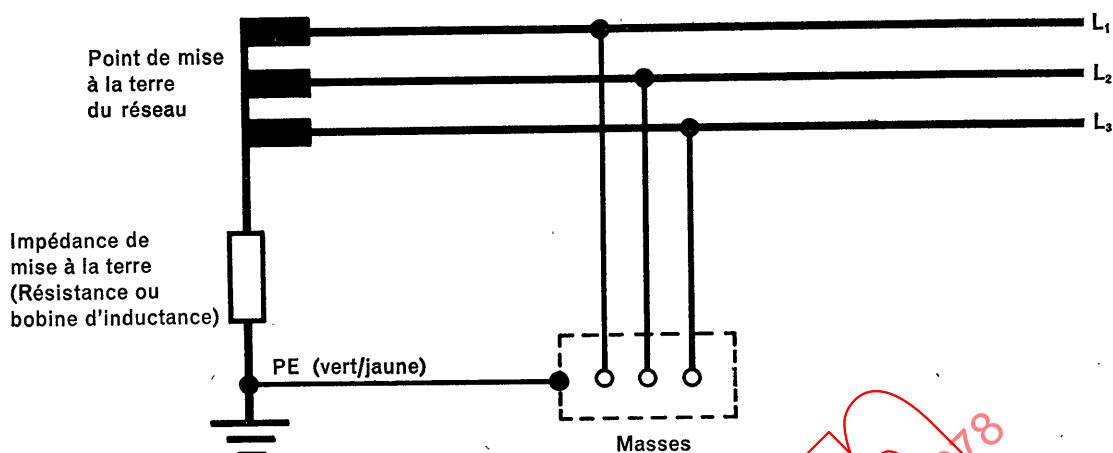


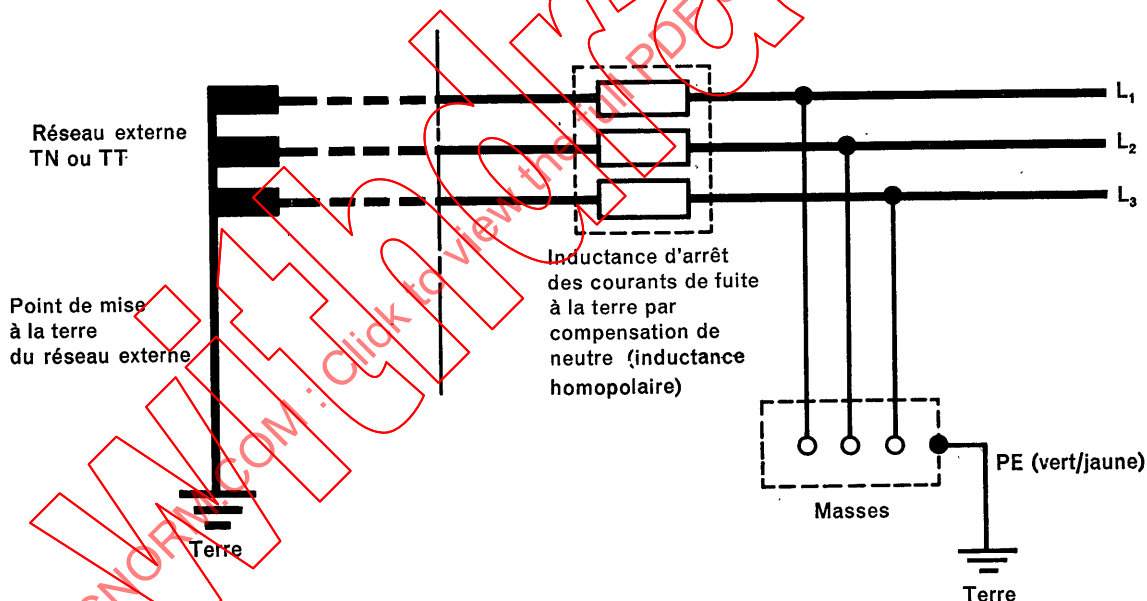
FIG. 7. — Power system IT with independent earth electrodes.



244/78

FIG. 8. — Schéma IT avec prise de terre commune.

Schéma IT utilisant comme source d'autres schémas (TT ou TN) par l'intermédiaire d'une bobine d'inductance triphasée (homopolaire) présentant une impédance élevée aux courants (homopolaire) de fuite à la terre par compensation du neutre (voir paragraphe 12.3).



245/78

FIG. 9. — Schéma IT découlant d'un schéma extérieur TT ou TN.

9. Mesures de protection pour schémas TN

Dans les schémas TN, le point de mise à la terre (dans les schémas triphasés c'est généralement le point neutre du schéma) et les masses sont reliés par un conducteur de protection. Lorsqu'un court-circuit se produit entre un conducteur de phase et un conducteur de protection ou les masses, le courant de défaut en résultant déclenche, par l'intermédiaire du dispositif de protection, la coupure de l'alimentation vers le matériel défectueux.

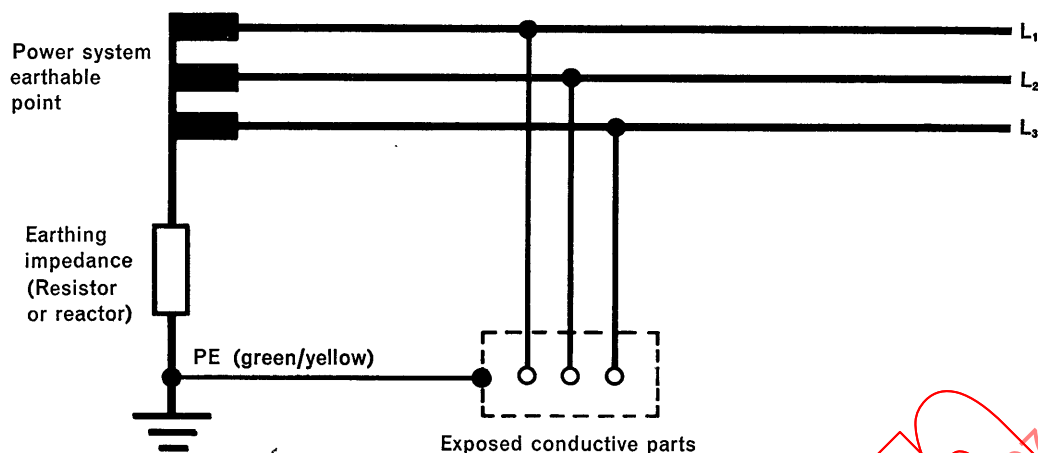


FIG. 8. — Power system IT with common earth electrode.

Power systems deriving supply from other systems (TT or TN) through a three-phase reactor (zero sequence reactor) offering a high impedance to earth fault (zero sequence) currents with neutral displacement (see Sub-clause 12.3).

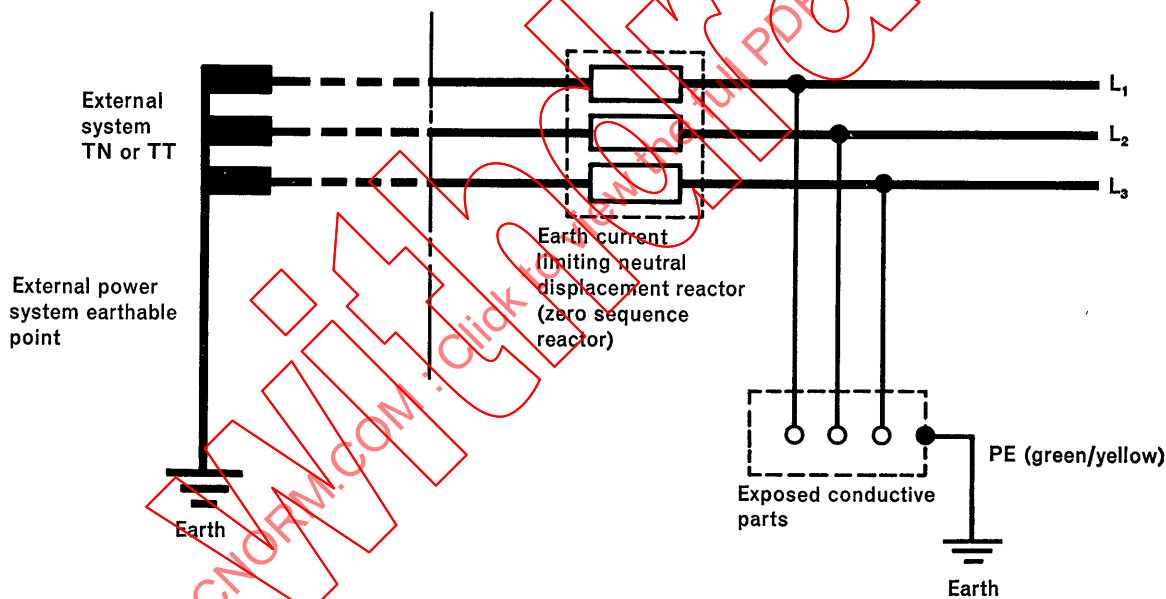


FIG. 9. — Power system IT using external TT or TN system as a source.

9. Protective measures for TN systems

In TN systems the earthable point (in three-phase systems commonly the neutral point of the power system) and exposed conductive parts are interconnected by a protective conductor. In the case of a short circuit from a phase conductor to the protective conductor or exposed conductive parts, the resultant fault current initiates, through a protective device, disconnection of the supply to the defective equipment.

Afin d'obtenir avec certitude que, en cas de défaut (aussi bien aux masses qu'à la terre), le potentiel du conducteur de protection et celui des masses qui y sont reliées diffèrent aussi peu que possible du potentiel de la terre, le conducteur de protection sera relié à la terre en un certain nombre de points, répartis de façon telle qu'on puisse obtenir la plus basse impédance à la terre possible. Dans le cas où un défaut se produit entre un conducteur de phase et une masse, la tension de contact sera limitée conformément aux spécifications de l'article 7.

9.1 Liaison équipotentielle des masses

Toutes les masses de l'installation électrique seront reliées par des conducteurs de protection au point de mise à la terre du réseau.

9.2 Coupure à la suite d'un défaut

Les dispositifs de protection et la section des conducteurs doivent être choisis de telle sorte qu'il y ait coupure de courant dans un temps déterminé si un court-circuit vient à se produire à n'importe quel point entre un conducteur de phase et le conducteur de protection ou une masse qui y serait reliée.

Cette prescription est considérée comme satisfaite si la condition suivante est remplie:

$$Z_s \cdot I_{a1} \leq U_0$$

formule dans laquelle:

Z_s = impédance de la boucle de défaut

I_{a1} = courant assurant le fonctionnement du dispositif de coupure en 5 s au maximum dans le cas des installations particulières décrites dans le paragraphe 7.5 ou dans le temps spécifié dans le tableau V ou le tableau VI.

U_0 = tension entre phase et neutre

Notes 1. — Dans une installation donnée, Z_s peut être déterminé par calcul ou par mesure.

2. — La valeur à attribuer à la tension de contact présumée dépend de la tension de l'installation et de la relation entre les impédances du circuit de protection et du conducteur de phase plus l'impédance de la source.

Si cette condition ne peut pas être remplie, il faudra alors prévoir une liaison équipotentielle supplémentaire conforme à l'article 13.

9.3 Conducteurs neutre et de protection combinés en un seul conducteur

Si les règles nationales le permettent, un seul conducteur peut combiner les fonctions de protection et de neutre, sous réserve de ce qui suit:

- Le câble doit être du type non souple et faire partie d'une installation électrique fixe.
- La section du conducteur ne doit pas être inférieure à 10 mm².
- Le conducteur ne doit pas être alimenté au moyen d'un dispositif à courant différentiel-résiduel.

Si le conducteur peut être nu, c'est-à-dire sans isolation, il peut être nécessaire d'isoler ce conducteur pour des raisons autres que la protection contre les contacts indirects, par exemple risque d'incendie, etc.

9.4 Interruption des conducteurs neutre et de protection combinés en un seul conducteur

Le conducteur de protection ne doit pas être interrompu en service. Des dispositifs de protection à maximum de courant ne seront admis dans un conducteur combinant les fonctions de neutre et de protection que s'ils coupent en même temps les conducteurs de phase.

To ensure that in case of a fault (to exposed conductive parts or to earth), the potential of the protective conductor and of the exposed conductive parts connected to it differs as little as possible from the earth potential, the protective conductor shall be connected to a number of earthing points distributed so as to obtain the lowest practical earthing impedance. In the event of a fault between a phase conductor and an exposed conductive part, the touch voltage shall be limited as specified in Clause 7.

9.1 *Bonding of exposed conductive parts*

All exposed conductive parts of the electrical installation shall be connected to the earthable point of the power system by protective conductors.

9.2 *Disconnection following fault*

The protective devices and the cross-sectional area of the conductors shall be chosen in such a way that, if a short circuit occurs at any point between a phase conductor and the protective conductor or an exposed conductive part connected to it, disconnection will be effected within a specified time.

This requirement is met if the following condition is fulfilled:

$$Z_s \cdot I_{a1} \leq U_0$$

in which:

Z_s = fault loop impedance

I_{a1} = current ensuring the operation of the disconnecting device within 5 s in the case of the particular installations described in Sub-clause 7.5 or the appropriate time specified in Tables V or VI

U_0 = phase to neutral voltage

Notes 1. — In a given installation Z_s may be calculated or determined by measurement.

2. — The value of the prospective touch voltage depends on the voltage of the system and on the relationship between the impedance of the protective circuit and the phase conductor plus source impedance.

If this condition cannot be fulfilled, then supplementary bonding in accordance with Clause 13 shall be provided.

9.3 *Single conductor as combined protective and neutral conductor*

Where national rules permit, a single conductor may combine the functions of protective and neutral conductor, subject to the following:

- The conductor shall be non-flexible and in a fixed electrical installation.
- The cross-sectional area of the conductor shall be not less than 10 mm².
- The conductor shall not be supplied through a residual current operated device.

In those instances where the conductor may be bare, i.e. without insulation, it may be necessary to insulate the conductor for reasons other than for the protection against indirect contact, for example fire risk, etc.

9.4 *Interruption of combined protective and neutral conductor*

The protective conductor shall not be interrupted in service. Overcurrent-operated protective devices are admissible in a combined protective and neutral conductor only where they also interrupt the phase conductors.

9.5 Séparation du conducteur de protection et du conducteur combinant les fonctions de neutre et de protection

Si, à partir de n'importe quel point de l'installation électrique, les conducteurs neutre et de protection sont séparés, il n'est pas permis de les relier ensemble en aval de ce point.

Le conducteur neutre doit être isolé et installé de la même manière qu'un conducteur de phase.

9.6 Repérage de conducteurs

a) Conducteur de protection

Le conducteur de protection doit être vert/jaune selon le code de couleur.

b) Repérage du conducteur à fonctions combinées

Le conducteur à fonctions combinées aura le même code de couleur — vert/jaune — que le conducteur de protection. Les bornes ou extrémités de raccordement seront également repérées pour montrer la fonction neutre commune.

c) Repérage du conducteur neutre

Dans les cas où le conducteur neutre n'a aucune autre fonction, on recommande la couleur « bleu clair » pour les besoins du repérage.

9.7 Dispositifs de protection

Il est recommandé de se servir des dispositifs de protection suivants:

- dispositifs de protection à maximum de courant;
- dispositifs de protection à courant différentiel-résiduel.

Dans le cas où un seul conducteur assure à la fois le neutre et la protection, selon le paragraphe 9.3, le dispositif de protection ne doit être que du type à maximum de courant.

9.8 Dispositifs de protection à courant différentiel-résiduel

Si l'on utilise des dispositifs de protection à courant différentiel-résiduel, les masses peuvent ne pas être reliées au conducteur de protection, à condition qu'elles soient reliées à une prise de terre dont la résistance est adaptée au courant de fonctionnement du dispositif à courant différentiel-résiduel. Le circuit protégé par ce dispositif de protection à courant différentiel-résiduel est alors considéré comme un schéma TT et il faut lui appliquer les stipulations de l'article 10.

Si, toutefois, il n'existe pas de prise de terre distincte, la liaison des masses au conducteur de protection devra être effectuée en amont du dispositif de protection à courant différentiel-résiduel.

9.9 Equilibre de tension

Dans certains cas, pour des schémas TN inférieurs ou égaux à 1 000 V, dans lesquels un défaut franc peut se produire entre un conducteur de phase et la terre (par exemple réseaux avec lignes aériennes), la condition suivante devra être remplie en vue d'empêcher que le conducteur de protection, ou toute partie qui lui est reliée, atteigne une tension par rapport à la terre supérieure à U_L :

9.5 *Separation of protective conductor from a combined protective and neutral conductor*

If, from any point of the electrical installation, the neutral and the protective conductors are separated, it is inadmissible to connect these two conductors to each other from that point on toward the load.

The neutral conductor shall be insulated and installed in the same manner as a phase conductor.

9.6 *Conductor identification*

a) Protective conductor

The protective conductor shall have a colour coding of green/yellow.

b) Combined conductor identification

The combined conductor shall have the same colour coding as the protective conductor—green/yellow. The terminations shall also be identified to show joint neutral function.

c) Neutral conductor identification

Where a neutral conductor has no other function the colour “light blue” is recommended for identification purposes.

9.7 *Protective devices*

The use of the following protective devices is recommended:

- overcurrent-operated protective devices;
- residual-current-operated protective devices.

Where the neutral and the protective conductors are combined, according to Sub-clause 9.3, protection shall be afforded by overcurrent-operated protective devices only.

9.8 *Residual-current-operated protective devices*

In the case of utilization of residual-current-operated protective devices, the exposed conductive parts need not be connected to the protective conductor provided they are connected to an earth electrode the resistance of which is adapted to the operating current of the residual-current-operated protective device. The circuit protected by this residual-current-operated protective device is then considered as a TT system and the conditions of Clause 10 shall apply.

If, however, no separate earth electrode exists, the connection of the exposed conductive parts to the protective conductor shall be made on the source side of the residual-current-operated protective device.

9.9 *Voltage balance*

In certain cases for TN systems up to and including 1 000 V in which a direct fault between a phase conductor and earth can occur (e.g. systems with overhead lines), the following condition shall be fulfilled in order to prevent the protective conductor, or any parts connected thereto, reaching a voltage relative to earth in excess of U_L :

$$\frac{R_B}{R_E} \leq \frac{U_L}{U_o - U_L}$$

où:

R_B = résistance totale de mise à la terre

R_E = la plus basse résistance présumée de mise à la terre de masses qui ne sont pas reliées au conducteur de protection, dans tous les cas où apparaît un défaut à la terre d'un conducteur de phase

U_o = tension entre phase et neutre

U_L = limite conventionnelle de tension

Les mesures de protection recommandées sont les suivantes:

- support relié au conducteur de protection sous une ligne aérienne;
- connexion des parties structurelles au conducteur de protection.

10. Mesures de protection pour schémas TT

Dans les schémas TT, le point de mise à la terre (point neutre) est relié directement à une prise de terre sans impédance (autre que l'impédance du conducteur de protection) insérée entre le point de mise à la terre et la prise de terre.

Les masses seront reliées soit individuellement, soit en groupe, ou comme un tout, à une ou plusieurs prises de terre indépendantes de la prise de terre du point de mise à la terre.

Pour les circuits contenus entièrement dans des appareils semi-fixes ou de l'appareillage mobile, la structure métallique constituera la prise de terre et le point de mise à la terre sera relié à la structure métallique.

Si un défaut se manifeste entre un conducteur de phase et une masse, la tension de contact qui en résulte doit être limitée conformément à l'article 7.

10.1 Isolation et installation du conducteur neutre

Le conducteur neutre éventuel doit être isolé et installé de la même manière qu'un conducteur de phase.

10.2 Liaison équipotentielle des masses

Toutes les masses de matériels électriques protégées par un dispositif de protection commun doivent être interconnectées et reliées par un conducteur de protection à une prise de terre commune. Si plusieurs dispositifs de protection sont montés en série, cette prescription s'applique à chaque groupe de masses protégées par le même dispositif.

Les masses qui sont simultanément accessibles doivent être reliées à une prise de terre commune.

10.3 Conditions à remplir à la suite d'un défaut

De façon à satisfaire aux prescriptions du paragraphe 7.3, la condition suivante doit être remplie:

$$I_a \cdot R_A \leq U$$

$$\frac{R_B}{R_E} \leq \frac{U_L}{U_o - U_L}$$

where:

R_B = total earthing resistance

R_E = prospective lowest earth contact resistance of conductive parts not connected to the protective conductor, wherever an earth-contact of a phase conductor appears

U_o = phase to neutral voltage

U_L = conventional voltage limit

Protective measures recommended are:

- a cradle connected to the protective conductor under an overhead line;
- structural parts connected to the protective conductor.

10. Protective measures for TT systems

In TT systems, the earthable point (neutral point) is directly connected to an earth electrode with no impedance (other than the impedance of the protective conductor) being inserted between the earthable point and the earth electrode.

The exposed conductive parts are connected, either individually, in groups, or as a whole, to one or several earth electrodes independent of the earth electrode of the earthable point.

For systems wholly contained within movable or mobile apparatus, the metallic structure shall form the earth electrode and the earthable point shall be connected to the metallic structure.

In the event of a fault between a phase conductor and an exposed conductive part, the touch voltage shall be limited in accordance with Clause 7.

10.1 *Neutral conductor insulation and installation*

The neutral conductor, if any, shall be insulated and installed in the same manner as a phase conductor.

10.2 *Bonding of exposed conductive parts*

All exposed conductive parts of electrical equipment protected by a common protective device shall be interconnected and connected by a protective conductor to a common earth electrode. If several protective devices are used in series, this requirement applies to each group of exposed conductive parts protected by the same device.

Exposed conductive parts which are simultaneously accessible shall be connected to a common earth electrode.

10.3 *Conditions to be fulfilled following a fault*

In order to comply with the requirements of Sub-clause 7.3, the following condition shall be fulfilled:

$$I_a \cdot R_A \leq U$$

dans laquelle:

I_a = courant assurant le fonctionnement du dispositif de coupure dans le temps approprié de la courbe: tension de contact présumée — temps de fonctionnement maximal, en accord avec le paragraphe 7.3

Si on utilise un dispositif à courant différentiel-résiduel, I_a est égal au courant différentiel-résiduel assigné de fonctionnement $I\Delta n$.

U = tension limite conventionnelle (U_L) ou tension de contact présumée selon le cas

R_A = résistance de la prise de terre des masses

Si cette condition ne peut être remplie, il faudra installer une liaison équipotentielle supplémentaire, en accord avec l'article 13.

10.4 Dispositifs de protection

On recommande l'utilisation des dispositifs de protection suivants:

- dispositifs à courant différentiel-résiduel;
- dispositifs à maximum de courant.

Cependant, l'utilisation de dispositifs à tension de défaut n'est pas exclue pour les schémas utilisant une tension inférieure ou égale à 1 000 V.

11. Mesures de protection pour schémas IT

Dans les schémas IT, le point de mise à la terre du réseau est soit isolé de la terre, soit relié à la terre à travers une impédance, et les masses sont reliées à une ou plusieurs prises de terre, individuellement, en groupe, ou comme un tout. Lorsque le courant de défaut, dans le cas d'un seul défaut aux masses, est de valeur suffisamment basse et que la limite conventionnelle de tension U_L n'est pas dépassée, la coupure de l'alimentation n'est pas nécessaire. Certaines mesures devront cependant être prises de façon à éviter tout risque de danger au cas où deux défauts viendraient à se produire en même temps (phase à la terre à phase).

Quand on a affaire à un schéma dans lequel l'alimentation vient d'un schéma TN ou TT à travers une bobine d'inductance de protection contre les surintensités en cas de défaut à la terre par compensation du neutre (inductance homopolaire), ce qui cause la restriction à une valeur basse du courant de défaut à la terre, ce schéma entre dans la définition des schémas IT.

Si la compensation du neutre est obtenue par l'application de dispositifs limitant le courant de défaut à la terre, ces dispositifs devront répondre aux prescriptions spéciales énoncées à l'article 12.

11.1 Séparation ou mise à la terre du point de mise à la terre du réseau

Le point de mise à la terre peut être soit isolé de la terre, soit relié à la terre à travers une impédance (dans ce cas, c'est le point neutre qui est relié à la terre à travers une impédance).

L'utilisation de points de mise à la terre artificiels est admise.

Note. — De telles mises à la terre peuvent être nécessaires pour réduire les surtensions ou les oscillations.

11.2 Isolation et installation du conducteur neutre

Le conducteur neutre éventuel doit être isolé et installé de la même façon qu'un conducteur de phase. Il est fortement recommandé de ne pas utiliser le conducteur neutre pour la connexion de charges.

in which:

I_a = current ensuring operation of the disconnecting device within the appropriate time for the prospective touch voltage—maximum operating time curve, in accordance with Sub-clause 7.3

If a residual-current-operated device is used, I_a is equal to the rated operating residual current $I\Delta n$.

U = conventional voltage limit (U_L) or prospective touch voltage as the case may be

R_A = resistance of the earth electrode of the exposed conductive parts

If this condition cannot be satisfied, supplementary equipotential bonding, in accordance with Clause 13, shall be installed.

10.4 Protective devices

The use of the following protective devices is recommended:

- residual-current operated;
- overcurrent operated.

However, the use of fault voltage operated devices is not excluded for systems up to and including 1 000 V.

11. Protective measures for IT systems

In IT systems, the earthable point of the power system is either isolated from earth or earthed through an impedance, and the exposed conductive parts are connected to one or several earth electrodes either individually, in groups or as a whole. Where the fault current in the event of a single fault to exposed conductive parts is of sufficiently low value, and the conventional voltage limit U_L is not exceeded, disconnection of the source of supply may not be required. Measures shall be taken to avoid danger in case of the occurrence of two simultaneous earth faults (phase to earth to phase).

A system in which supply is taken from a TN or TT power system through an earth fault current limiting neutral displacement reactor (zero sequence reactor), restricting the earth fault current to a low value, complies with the definition of an IT system.

Where neutral displacement is to be achieved through the application of earth fault current limiting devices, such devices shall comply with the special requirements of Clause 12.

11.1 Isolation or earthing of the power system earthable point

The earthable point may be either isolated from earth or earthed through an impedance (in such cases, it is the neutral point that is connected to earth via an impedance).

The use of artificial earthable points is recognized.

Note. — Such earths may be necessary in order to reduce over-voltage or oscillations.

11.2 Neutral conductor insulation and installation

The neutral conductor, if any, shall be insulated and installed in the same manner as a phase conductor. It is strongly recommended that the neutral conductor should not be used for the connection of loads.

11.3 Liaison équipotentielle des masses

Toutes les masses doivent être mises à la terre individuellement, en groupe, ou comme un tout, et peuvent être reliées directement à la terre (voir figures 7 et 8, pages 34 et 36).

La résistance totale à la terre R_A de toutes les masses reliées à une prise de terre par le conducteur de protection doit répondre à la condition suivante :

$$I_d \cdot R_A \leq U_L$$

où :

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

U_L = tension de contact présumée

11.4 Fonctionnement des dispositifs de protection en cas de défaut

a) A l'apparition du premier défaut

Si la tension de contact présumée (paragraphe 11.3) dépasse U_L (paragraphe 7.2), le dispositif de protection doit déclencher la coupure de l'alimentation du circuit, en accord avec le paragraphe 7.3.

Si la tension de contact présumée ne dépasse pas U_L (paragraphe 7.2) et si les conditions suivantes sont remplies, le fonctionnement pourra continuer :

- i) Les mesures de protection sont conçues de façon à couper le courant en cas d'un défaut subséquent (phase à la terre à phase), en accord avec les prescriptions du paragraphe 11.4b).
- ii) Un contrôleur d'isolement ou autre dispositif de protection adéquat sera prévu pour indiquer l'apparition d'un premier défaut d'une partie active de l'installation électrique, aux masses ou à la terre. (Pour les exceptions, voir paragraphe 11.4b).)

Ce dispositif devra émettre un signal audible et/ou visuel de façon à permettre l'élimination du défaut dans les délais les plus courts.

Il est recommandé de prévoir un dispositif ou une combinaison de dispositifs qui indiqueront la zone du défaut avec une exactitude suffisante pour faciliter la coupure de la section défectueuse du circuit.

- iii) Cette continuité de fonctionnement est permise à condition que les risques d'incendie et les règles nationales de chaque pays aient été pris en considération. Si une machine mobile fonctionne avec un schéma d'alimentation tel que celui indiqué sur la figure 8, il est recommandé que son fonctionnement cesse aussitôt que cela est possible ou réalisable, après l'apparition du premier défaut.

b) A l'apparition d'un deuxième défaut (phase à la terre à phase)

Après l'apparition d'un premier défaut à la terre, il faut prévoir une mesure de protection qui permettra de couper l'alimentation dans le cas où un deuxième défaut viendrait à se manifester. Les conditions régissant cette sorte de protection et la coupure de courant sont celles des schémas TN ou TT, selon que toutes les masses sont ou non interconnectées au moyen d'un conducteur de protection.

L'utilisation d'un contrôleur d'isolement est fortement recommandée.

Note. — Les règles nationales de certains pays peuvent stipuler de prévoir un contrôleur d'isolement ou un autre dispositif similaire en accord avec la législation locale.

11.3 Bonding of exposed conductive parts

All exposed conductive parts shall be earthed individually, in groups, or as a whole and may be connected directly to the earth (see Figures 7 and 8, pages 35 and 37).

The total earthing resistance R_A of all exposed conductive parts connected by the protective conductor to an earth electrode shall meet the following requirement:

$$I_d \cdot R_A \leq U_L$$

where:

I_d = fault current in the case of the first dead fault between a phase conductor and an exposed conductive part.
The value of I_d takes into account the leakage currents and the total earthing impedance of the electrical installation

U_L = prospective touch voltage

11.4 Operation of the protective devices under fault condition

a) On the occurrence of first fault

Where the prospective touch voltage (Sub-clause 11.3) exceeds U_L (Sub-clause 7.2), the protective device shall disconnect the supply to the circuit in accordance with Sub-clause 7.3.

Where the prospective touch voltage does not exceed U_L (Sub-clause 7.2), operation may be continued subject to the following:

- i) The protective measures shall be designed to disconnect in the event of a subsequent fault (phase to earth to phase) in accordance with the requirements of Sub-clause 11.4b).
- ii) An insulation monitoring device or other suitable protective device shall be provided to indicate the occurrence of a first fault to exposed conductive parts or to earth from a live part of the electrical installation. (For exemptions, refer to Sub-clause 11.4b).)

This device shall give an audible and/or visual signal in order to permit the elimination of the fault without delay.

It is recommended that a device or combination of devices be provided to indicate the area of the fault with sufficient accuracy to facilitate the disconnection of the faulty branch of the circuit.

- iii) Such continued operation is subject to consideration of the risk of fire and to the requirements of national rules. When operating a mobile machine with a power system as shown in Figure 8, it is recommended that operation be terminated as soon as possible or practical after occurrence of the first fault.

b) On the occurrence of a subsequent fault (phase to earth to phase)

After the occurrence of the first earth fault, protection shall be provided to disconnect the supply in the case of the second fault. The conditions of protection and disconnection are those specified for TN or TT systems, depending on whether or not all exposed conductive parts are interconnected by a protective conductor.

The use of an insulation monitoring device is strongly recommended.

Note. — The national rules of some countries may stipulate the provision of an insulation monitoring device or other similar device as a requirement in accordance with local legislative requirements.

11.5 Dispositifs de protection

L'utilisation des dispositifs de protection suivants est recommandée:

- contrôleur d'isolement;
- dispositifs de protection à maximum de courant;
- dispositifs de protection à courant différentiel-résiduel;
- dispositifs de protection à tension différentielle-résiduelle (seulement pour applications spéciales).

12. Prescriptions relatives aux dispositifs limitant les courants de défaut à la terre

Dans les schémas IT, lorsqu'on doit faire usage de dispositifs limitant le courant de défaut à la terre par compensation du neutre, les types de dispositifs énumérés ci-après, avec les valeurs préférentielles limitant le courant de défaut à la terre, sont admis:

- pour les tensions inférieures ou égales à 1 000 V: 10 A, 15 A, 25 A;
- pour les tensions supérieures à 1 000 V: 10 A, 15 A, 25 A, 50 A.

La tension d'isolement assignée de ces dispositifs doit être la tension entre phases du schéma.

Note. — Les régimes cycliques et autres prescriptions concernant le régime assigné sont à l'étude.

12.1 Résistances de mise à la terre du neutre

Prescriptions spéciales à l'étude.

12.2 Bobines d'inductance de mise à la terre du neutre et bobines d'extinction

On peut utiliser des bobines d'inductance pour limiter uniquement le courant de défaut à la terre ou pour agir comme bobines d'extinction, formant compensation pour le courant capacitif dans le cas de défauts entre phase et terre dans le réseau.

Ces bobines d'extinction peuvent être pourvues d'un enroulement séparé pour la connexion d'une résistance.

12.3 Bobines d'inductance triphasées de protection contre les surintensités en cas de défaut par compensation du neutre (inductance homopolaire)

Une bobine d'inductance de protection contre les surintensités en cas de défaut par compensation du neutre est destinée à être placée en série dans un schéma triphasé. Le point de mise à la terre (le point neutre dans ce cas) est mis à la terre, offrant ainsi une faible impédance au courant de charge mais une haute impédance aux courants homopolaires afin de limiter à une valeur spécifiée le courant qui pourrait apparaître lors d'un défaut entre une phase et la terre.

Les bobines d'inductance de ce type ne sont utilisées normalement que dans les schémas utilisant une tension supérieure à 1 000 V.

Une telle bobine d'inductance peut être utilisée au lieu d'un transformateur d'isolement pour restreindre les courants de défaut à la terre.

Les valeurs préférentielles du courant de défaut à la terre pour ces bobines d'inductance sont analogues à celles qui sont indiquées ailleurs dans cet article.

13. Dispositions de mise à la terre et conducteurs de protection

A l'étude.

11.5 *Protective devices*

The use of the following protective devices is recommended:

- insulation monitoring device;
- overcurrent-operated protective device;
- residual-current-operated protective device;
- residual-voltage-operated protective device (only for special applications).

12. **Requirements for earth fault current limitation devices**

In IT systems, where earth fault current limitation devices affording system neutral displacement are used, the forms listed below are recognized with the following preferred values of earth fault current limitation:

- for voltages up to and including 1 000 V: 10 A, 15 A, 25 A;
- for voltages above 1 000 V: 10 A, 15 A, 25 A, 50 A.

The rated insulation voltage of these devices shall be the phase-to-phase voltage of the system.

Note. — Cyclic-duty and other rating requirements are under consideration.

12.1 *Neutral earthing resistors*

Special requirements under consideration.

12.2 *Neutral earthing reactors and arc suppression coils*

Reactors may be used to limit earth fault current alone or to act as arc suppression coils, compensating for capacitive current in the case of single phase to earth faults in the system.

Such arc suppression coils may be provided with a separate winding for connection of a resistor.

12.3 *Three-phase earth fault current limiting neutral displacement reactor (zero sequence reactor)*

An earth fault current limiting neutral displacement reactor is intended for use in series with a three-phase system, the earthable point (the neutral point in this case) is earthed, providing low impedance to load current but high impedance to zero sequence currents in order to limit to a specified value the current which would occur under a single phase to earth fault.

Normally reactors of this type are used only on systems above 1 000 V.

Such a reactor may be used in lieu of an isolating transformer for the purpose of restricting earth fault currents.

The preferred values of earth fault current limitation for these reactors are similar to those provided elsewhere in this clause.

13. **Earthing arrangements and protective conductors**

Under consideration.

CHAPITRE III: PROTECTION CONTRE LES SURINTENSITÉS ET LES COURANTS DE DÉFAUT

INTRODUCTION

Ce chapitre établit les prescriptions minimales à suivre en vue de la protection contre les surintensités en ce qui concerne la protection contre les surcharges et contre les courts-circuits; il explique également la coordination des mesures de protection contre les surcharges et contre les courts-circuits et la coordination de cette protection avec les conducteurs et l'appareillage.

Ce chapitre étend les principes contenus dans la Publication 364 de la CEI pour la protection des conducteurs à la protection de l'appareillage pour ce qui est de la sécurité de l'installation et de la protection du personnel.

14. Règle générale

L'appareillage électrique et les conducteurs sous tension doivent être protégés par un ou plusieurs dispositifs de coupure automatique les séparant de l'alimentation dans le cas d'une surintensité due à une surcharge (article 16) ou à un court-circuit (article 17) sauf exceptions prévues par ces articles.

Les mesures de protection contre les surcharges et contre les courts-circuits doivent être coordonnées en accord avec l'article 18.

15. Nature des dispositifs de protection

Les dispositifs de protection doivent être choisis parmi les suivants:

15.1 *Dispositifs assurant la protection à la fois contre les courants de surcharge et contre les courants de court-circuit*

Ces dispositifs de protection devront convenir à la tension et avoir un pouvoir de coupure sur toute surintensité jusqu'à et y compris le courant de court-circuit présumé, au point où le dispositif est installé.

Ces dispositifs de protection pourront être:

- des disjoncteurs;
- certains types de coupe-circuit à fusibles;
- des disjoncteurs associés à des coupe-circuit à fusibles.

L'utilisation d'un dispositif de protection ayant un pouvoir de coupure inférieur à la valeur du courant de court-circuit présumé à l'endroit où le dispositif est installé est également acceptable et, dans ce cas, cette utilisation est soumise aux prescriptions du paragraphe 17.3a)i).

Note. — La coordination des caractéristiques des coupe-circuit à fusibles avec les conducteurs est à l'étude.

15.2 *Dispositifs assurant seulement la protection contre les courants de surcharge*

Ces dispositifs de protection ont généralement des caractéristiques de fonctionnement à retard dépendant et leur pouvoir de coupure se situe au-dessous de la valeur du courant de court-circuit présumé.

CHAPTER III: PROTECTION AGAINST OVERCURRENT AND FAULT CURRENT

INTRODUCTION

This chapter sets out the minimum requirements for the protection against overcurrent in respect of overload protection and short-circuit protection, together with the co-ordination of overload and short-circuit protection and the co-ordination of this protection with the conductors and apparatus.

This chapter extends the principles developed by IEC Publication 364 for protection of conductors to the protection of apparatus in respect of safety of the installation and protection of personnel.

14. General rule

Electrical apparatus and live conductors shall be protected by one or more devices for automatic interruption of the supply in the event of overcurrent due to overload (Clause 16) and short circuits (Clause 17) except in the cases where exceptions are allowed by these clauses.

Protection against overload and against short circuits shall be co-ordinated in accordance with Clause 18.

15. Nature of protective devices

The protective devices shall be chosen from the following:

15.1 *Devices ensuring protection against both overload current and short-circuit current*

These protective devices shall be suitable for the voltage and be capable of breaking any overcurrent up to and including the prospective short-circuit current at the point where the device is installed.

Such protective devices may be:

- circuit-breakers;
- certain types of fuses;
- circuit-breakers in conjunction with fuses.

The use of a protective device having a breaking capacity below the value of the prospective short-circuit current at its place of installation is also recognized, and is subject to the requirements of Sub-clause 17.3a)i).

Note. — The co-ordination of fuse characteristics with conductors is under consideration.

15.2 *Devices ensuring protection against overload current only*

These are generally protective devices having inverse time-lag protective characteristics and whose breaking capacity is below the value of the prospective short-circuit current.

15.3 Dispositifs assurant seulement la protection contre les courants de court-circuit

Ces dispositifs peuvent être installés si la protection contre les surcharges est assurée par d'autres moyens ou n'est pas prescrite par cet article.

Ces dispositifs devront convenir à la tension et leur pouvoir de coupure sera tel qu'ils puissent couper tout courant de court-circuit jusqu'à et y compris le courant de court-circuit présumé.

Ces dispositifs peuvent consister en :

- disjoncteurs;
- certains types de coupe-circuit à fusibles.

16. Coupure automatique — Protection contre les surintensités dues à des surcharges

16.1 Conditions d'application

a) Conducteurs sous tension

Les dispositifs de protection doivent être choisis de façon que tout courant de surcharge dans les conducteurs soit coupé avant que ce courant ne puisse causer un échauffement préjudiciable aux isolants, aux joints, aux bornes ou extrémités de raccordement des conducteurs ou à l'environnement des canalisations.

Les exceptions à cette prescription sont données au point b) ci-dessous.

b) Appareillage électrique

Il convient que tout appareillage électrique qui peut causer une surintensité due à une surcharge soit muni d'un dispositif de protection contre les surcharges de façon à couper automatiquement l'alimentation vers l'appareillage en question.

Il est recommandé que les dispositifs de protection contre les surcharges ne soient pas installés dans des conducteurs alimentant un appareillage électrique qui, lors d'une interruption fortuite de l'alimentation, peut faire courir un danger aux personnes ou créer un plus grand risque pour l'appareillage mécanique ou électrique. Le cas peut se présenter, entre autres, avec :

- les circuits d'excitation des moteurs à courant continu et à courant alternatif (synchrone);
- les circuits d'alimentation des aimants de levage;
- les circuits secondaires de transformateurs de courant;
- les pompes de service d'incendie et certaines installations de pompage pour drainage;
- les élévateurs;
- les engins de levage;
- certaines pompes hydrauliques;
- les entraînements principaux d'une excavatrice;
- certains transporteurs;
- certains circuits de freinage;
- les systèmes d'éclairage de secours et de signalisation de secours.

Certains types d'appareillage électrique ne permettent pratiquement pas l'installation de dispositifs de protection contre les surcharges. C'est le cas pour les moteurs soumis à des charges périodiques ou cycliques.