

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60204-1

Quatrième édition
Fourth edition
1997-10

**Sécurité des machines –
Équipement électrique des machines –**

Partie 1: Règles générales

**Safety of machinery –
Electrical equipment of machines —**

Part 1: General requirements



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 60204-1:1997

Numéros des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000.

Publications consolidées

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

Validité de la présente publication

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

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

Les renseignements relatifs à ces révisions, à l'établissement des éditions révisées et aux amendements peuvent être obtenus auprès des Comités nationaux de la CEI et dans les documents ci-dessous:

- **Bulletin de la CEI**
- **Annuaire de la CEI**
Accès en ligne*
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement (Accès en ligne)*

Terminologie, symboles graphiques et littéraux

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 60050: *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI)*.

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera la CEI 60027: *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique*, la CEI 60417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles*, et la CEI 60617: *Symboles graphiques pour schémas*.

Publications de la CEI établies par le même comité d'études

L'attention du lecteur est attirée sur les listes figurant à la fin de cette publication, qui énumèrent les publications de la CEI préparées par le comité d'études qui a établi la présente publication.

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

Numbering

As from the 1st January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series.

Consolidated publications

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

Validity of this publication

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

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

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

- **IEC Bulletin**
- **IEC Yearbook**
On-line access*
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates (On-line access)*

Terminology, graphical and letter symbols

For general terminology, readers are referred to IEC 60050: *International Electrotechnical Vocabulary (IEV)*.

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications IEC 60027: *Letter symbols to be used in electrical technology*, IEC 60417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets* and IEC 60617: *Graphical symbols for diagrams*.

IEC publications prepared by the same technical committee

The attention of readers is drawn to the end pages of this publication which list the IEC publications issued by the technical committee which has prepared the present publication.

* See web site address on title page.

NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD

CEI
IEC

60204-1

Quatrième édition
Fourth edition
1997-10

Sécurité des machines –
Équipement électrique des machines –

Partie 1: Règles générales

Safety of machinery –
Electrical equipment of machines —

Part 1: General requirements

© IEC 1997 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.

International Electrotechnical Commission
Telefax: +41 22 919 0300

3, rue de Varembé Geneva, Switzerland
e-mail: inmail@iec.ch IEC web site <http://www.iec.ch>



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE XD

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

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	10
INTRODUCTION	14
Articles	
1 Domaine d'application	20
2 Références normatives	22
3 Définitions.....	26
4 Prescriptions générales	34
4.1 Généralités.....	34
4.2 Choix des matériels	36
4.3 Alimentation électrique.....	36
4.4 Environnement physique et conditions de fonctionnement.....	38
4.5 Transport et stockage	42
4.6 Précautions pour la manutention	42
4.7 Installation et fonctionnement	42
5 Bornes des conducteurs d'alimentation et appareils de coupure et de sectionnement	42
5.1 Bornes des conducteurs d'alimentation.....	42
5.2 Borne du conducteur de protection externe.....	44
5.3 Dispositif de sectionnement de l'alimentation	44
5.4 Appareils de coupure pour éviter un redémarrage intempestif	48
5.5 Dispositifs de sectionnement pour l'équipement électrique	50
5.6 Protection contre une fermeture non autorisée, par inadvertance et/ou par erreur.....	50
6 Protection contre les chocs électriques.....	50
6.1 Généralités.....	50
6.2 Protection contre les contacts directs	50
6.3 Protection contre les contacts indirects	54
6.4 Protection par l'utilisation de la TBTP	58
7 Protection de l'équipement.....	60
7.1 Généralités.....	60
7.2 Protection contre les surintensités	60
7.3 Protection des moteurs contre les surcharges	64
7.4 Protection contre les températures anormales	64
7.5 Protection contre l'interruption ou la baisse de la tension d'alimentation et son établissement ultérieur.....	66
7.6 Protection contre la survitesse des moteurs	66
7.7 Protection contre les défauts à la terre et les courants résiduels	66
7.8 Protection de l'ordre des phases.....	66
7.9 Protection contre les surtensions d'origine atmosphérique ou surtensions de manœuvre.....	66

CONTENTS

	Page
FOREWORD	11
INTRODUCTION	15
Clause	
1 Scope	21
2 Normative references	23
3 Definitions	27
4 General requirements	35
4.1 General considerations	35
4.2 Selection of equipment	37
4.3 Electrical supply	37
4.4 Physical environment and operating conditions	39
4.5 Transportation and storage	43
4.6 Provisions for handling	43
4.7 Installation and operation	43
5 Incoming supply conductor terminations and devices for disconnecting and switching off	43
5.1 Incoming supply conductor terminations	43
5.2 Terminal for connection to the external protective earthing system	45
5.3 Supply disconnecting (isolating) device	45
5.4 Devices for switching off for prevention of unexpected start-up	49
5.5 Devices for disconnecting electrical equipment	51
5.6 Protection against unauthorized, inadvertent and/or mistaken connection	51
6 Protection against electric shock	51
6.1 General	51
6.2 Protection against direct contact	51
6.3 Protection against indirect contact	55
6.4 Protection by the use of PELV	59
7 Protection of equipment	61
7.1 General	61
7.2 Overcurrent protection	61
7.3 Overload protection of motors	65
7.4 Abnormal temperature protection	65
7.5 Protection against supply interruption or voltage reduction and subsequent restoration	67
7.6 Motor overspeed protection	67
7.7 Earth fault/residual current protection	67
7.8 Phase sequence protection	67
7.9 Protection against overvoltages due to lightning and to switching surges	67

	Pages
8 Liaisons équipotentielle.....	68
8.1 Généralités.....	68
8.2 Circuit de protection.....	70
8.3 Liaisons équipotentielle fonctionnelle.....	74
9 Circuits et fonctions de commande.....	76
9.1 Circuits de commande.....	76
9.2 Fonctions de commande.....	76
9.3 Protection par verrouillage.....	86
9.4 Fonctions de commande en cas de défaillance.....	88
10 Interface opérateur et appareils de commande montés sur la machine.....	92
10.1 Généralités.....	92
10.2 Boutons-poussoirs.....	94
10.3 Voyants lumineux de signalisation.....	98
10.4 Boutons-poussoirs lumineux.....	100
10.5 Appareils de commande rotatifs.....	100
10.6 Dispositifs de démarrage.....	100
10.7 Appareils d'arrêt d'urgence.....	100
10.8 Appareils de coupure d'urgence.....	102
10.9 Dispositifs d'affichage.....	102
11 Equipement électronique.....	102
11.1 Généralités.....	102
11.2 Prescriptions fondamentales.....	102
11.3 Equipement programmable.....	104
12 Appareillage de commande: emplacement, montage et enveloppes.....	104
12.1 Prescriptions générales.....	104
12.2 Emplacement et montage.....	106
12.3 Degrés de protection.....	108
12.4 Enveloppes, portes et ouvertures.....	108
12.5 Accès à l'appareillage de commande.....	110
13 Câbles et conducteurs.....	110
13.1 Prescriptions générales.....	110
13.2 Conducteurs.....	112
13.3 Isolation.....	112
13.4 Courant admissible en fonctionnement normal.....	114
13.5 Chute de tension dans les câbles et conducteurs.....	116
13.6 Section minimale.....	116
13.7 Câbles souples.....	116
13.8 Collecteurs à conducteurs, barres et assemblages glissants.....	118

	Page
8 Equipotential bonding	69
8.1 General	69
8.2 Protective bonding circuit	71
8.3 Bonding for operational purposes	75
9 Control circuits and control functions	77
9.1 Control circuits	77
9.2 Control functions	77
9.3 Protective interlocks	87
9.4 Control functions in the event of failure	89
10 Operator interface and machine-mounted control devices	93
10.1 General	93
10.2 Push-buttons	95
10.3 Indicator lights and displays	99
10.4 Illuminated push-buttons	101
10.5 Rotary control devices	101
10.6 Start devices	101
10.7 Devices for emergency stop	101
10.8 Devices for emergency switching off	103
10.9 Displays	103
11 Electronic equipment	103
11.1 General	103
11.2 Basic requirements	103
11.3 Programmable equipment	105
12 Controlgear: location, mounting, and enclosures	105
12.1 General requirements	105
12.2 Location and mounting	107
12.3 Degrees of protection	109
12.4 Enclosures, doors and openings	109
12.5 Access to controlgear	111
13 Conductors and cables	111
13.1 General requirements	111
13.2 Conductors	113
13.3 Insulation	113
13.4 Current-carrying capacity in normal service	115
13.5 Conductor and cable voltage drop	117
13.6 Minimum cross-sectional area	117
13.7 Flexible cables	117
13.8 Collector wires, collector bars and slip-ring assemblies	119

	Pages
14 Pratiques du câblage.....	122
14.1 Raccordement et cheminement.....	122
14.2 Identification des conducteurs	124
14.3 Câblage à l'intérieur des enveloppes	126
14.4 Câblage à l'extérieur des enveloppes	128
14.5 Canalisations, boîtes de raccordements et autres boîtiers	132
15 Moteurs électriques et équipements associés	136
15.1 Prescriptions générales.....	136
15.2 Enveloppes des moteurs	138
15.3 Dimensions des moteurs	138
15.4 Montage des moteurs et compartiments moteurs	138
15.5 Critère de choix des moteurs	138
15.6 Dispositifs de protection pour les freins mécaniques.....	140
16 Accessoires et éclairage	140
16.1 Accessoires.....	140
16.2 Eclairage local de la machine et de l'équipement.....	140
17 Marquages, signaux d'avertissement et désignations de référence.....	142
17.1 Généralités.....	142
17.2 Signaux d'avertissement.....	142
17.3 Identification fonctionnelle.....	144
17.4 Marquage de l'équipement de commande.....	144
17.5 Désignations de référence	144
18 Documentation technique.....	146
18.1 Généralités.....	146
18.2 Informations à fournir.....	146
18.3 Prescriptions applicables à toute documentation.....	146
18.4 Informations fondamentales.....	148
18.5 Schéma d'installation	148
18.6 Schémas fonctionnels.....	148
18.7 Schémas des circuits.....	150
18.8 Manuel de fonctionnement.....	150
18.9 Manuel de maintenance.....	150
18.10 Nomenclature des pièces détachées.....	150
19 Essais et vérification.....	152
19.1 Généralités.....	152
19.2 Continuité du circuit de protection.....	152
19.3 Essais de résistance d'isolement.....	154
19.4 Essais de tension	154
19.5 Protection contre les tensions résiduelles.....	154
19.6 Essais de fonctionnement.....	154
19.7 Nouveaux essais.....	154

	Page
14 Wiring practices.....	123
14.1 Connections and routing	123
14.2 Identification of conductors	125
14.3 Wiring inside enclosures	127
14.4 Wiring outside enclosures.....	129
14.5 Ducts, connection boxes and other boxes	133
15 Electric motors and associated equipment	137
15.1 General requirements	137
15.2 Motor enclosures.....	139
15.3 Motor dimensions.....	139
15.4 Motor mounting and compartments	139
15.5 Criteria for motor selection.....	139
15.6 Protective devices for mechanical brakes.....	141
16 Accessories and lighting.....	141
16.1 Accessories.....	141
16.2 Local lighting of the machine and equipment.....	141
17 Marking, warning signs and reference designations	143
17.1 General	143
17.2 Warning signs	143
17.3 Functional identification.....	145
17.4 Marking of control equipment.....	145
17.5 Reference designations	145
18 Technical documentation	147
18.1 General	147
18.2 Information to be provided	147
18.3 Requirements applicable to all documentation	147
18.4 Basic information	149
18.5 Installation diagram	149
18.6 Block (system) diagrams and function diagrams	149
18.7 Circuit diagrams	151
18.8 Operating manual.....	151
18.9 Maintenance manual.....	151
18.10 Parts list	151
19 Testing and verification	153
19.1 General	153
19.2 Continuity of the protective bonding circuit	153
19.3 Insulation resistance tests.....	155
19.4 Voltage tests	155
19.5 Protection against residual voltages	155
19.6 Functional tests	155
19.7 Retesting	155

Figures

1	Schéma fonctionnel d'un système de production typique	16
2	Schéma fonctionnel d'une machine typique	18
3	Exemple de liaisons équipotentielle pour l'équipement électrique d'une machine	68

Tableaux

1	Section minimale du conducteur de protection externe en cuivre.....	44
2	Code de couleurs pour organes de commande à bouton-poussoir et leur signification	96
3	Couleurs des voyants lumineux de signalisation et leur signification suivant la condition de la machine	98
4	Températures maximales admissibles des conducteurs dans les conditions normales et de court-circuit.....	112
5	Courant admissible (I_z) des conducteurs et câbles en cuivre, isolés au PVC, en régime permanent, pour une température ambiante de +40 °C, pour différentes méthodes d'installation.....	114
6	Section minimale des conducteurs en cuivre	116
7	Facteurs de correction pour des câbles enroulés sur tambours	118
8	Rayon minimal de courbure permis pour le guidage forcé de câbles souples.....	130
9	Vérification de la continuité du circuit de protection	152

Annexes

A	Exemples de machines couvertes par cette partie de la CEI 60204.....	156
B	Questionnaire concernant l'équipement électrique des machines	158
C	Courant admissible et protection contre les surintensités des conducteurs et câbles dans les équipements électriques des machines	164
D	Explication sur les manœuvres d'urgence	174
E	Bibliographie.....	176
	Index.....	178

Figures

1	Block diagram of a typical manufacturing system	17
2	Block diagram of a typical machine	19
3	Example of equipotential bonding for electrical equipment of a machine	69

Tables

1	Minimum cross-sectional area of the external protective copper conductor	45
2	Colour-coding for push-button actuators and their meanings	97
3	Colours for indicator lights and their meanings with respect to the condition of the machine	99
4	Maximum allowable conductor temperatures under normal and short-circuit conditions	113
5	Current carrying capacity (I_z) of PVC insulated copper conductors or cables under steady-state conditions in an ambient air temperature of +40 °C for different methods of installation	115
6	Minimum cross-sectional areas of copper conductors	117
7	Derating factors for cables wound on drums	119
8	Minimum permitted bending radii for the forced guiding of flexible cables	131
9	Verification of continuity of the protective bonding circuit	153

Annexes

A	Examples of machines covered by this part of IEC 60204	157
B	Inquiry form for the electrical equipment of machines	159
C	Current-carrying capacity and overcurrent protection of conductors and cables in the electrical equipment of machines	165
D	Explanation of emergency operation functions	175
E	Bibliography	177
	Index	179

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

SÉCURITÉ DES MACHINES – ÉQUIPEMENT ÉLECTRIQUE DES MACHINES – Partie 1: Règles générales

AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Electrotechnique Internationale) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI, entre autres activités, publie des Normes internationales. Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les documents produits se présentent sous la forme de recommandations internationales. Ils sont publiés comme normes, rapports techniques ou guides et agréés comme tels par les Comités nationaux.
- 4) Dans le but d'encourager l'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure possible, les Normes internationales de la CEI dans leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre la norme de la CEI et la norme nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.
- 5) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand un matériel est déclaré conforme à l'une de ses normes.
- 6) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Norme internationale peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 60204-1 a été établie par le comité d'études 44: Sécurité des machines – Aspects électrotechniques.

Cette quatrième édition annule et remplace la troisième édition parue en 1992. Elle reprend des éléments de la troisième édition modifiée afin de fournir les prescriptions générales pour les machines, y compris les machines mobiles et les installations de machines complexes (par exemple machines importantes).

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
44/205/FDIS	44/211/RVD

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

Les annexes A, B, C, D et E sont informatives.

Le contenu du corrigendum du mois de Mars 1998 a été pris en considération dans cet exemplaire.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**SAFETY OF MACHINERY –
ELECTRICAL EQUIPMENT OF MACHINES –
Part 1: General requirements**

FOREWORD

- 1) The IEC (International Electrotechnical Commission) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of the IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, the IEC publishes International Standards. Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. The IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested National Committees.
- 3) The documents produced have the form of recommendations for international use and are published in the form of standards, technical reports or guides and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 4) In order to promote international unification, IEC National Committees undertake to apply IEC International Standards transparently to the maximum extent possible in their national and regional standards. Any divergence between the IEC Standard and the corresponding national or regional standard shall be clearly indicated in the latter.
- 5) The IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with one of its standards.
- 6) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this International Standard may be the subject of patent rights. The IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 60204-1 has been prepared by technical committee 44: Safety of machinery – Electrotechnical aspects.

This fourth edition replaces the third edition issued in 1992. It incorporates material from the third edition, amended to provide general requirements for machines, including mobile machines and complex (e.g. large) machine installations.

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

FDIS	Report on voting
44/205/FDIS	44/211/RVD

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

Annexes A, B, C, D and E are informative.

The contents of the corrigendum of March 1998 have been included in this copy.

Dans certains pays, les différences suivantes existent:

- 4.3.1: Les caractéristiques de tensions fournies par le réseau de distribution public sont données dans l'EN 50160:1994, *Caractéristiques de la tension fournie par les réseaux publics de distribution*. (Europe)
- 7.2.3: La coupure du conducteur neutre est obligatoire en schéma TN-S (France).
- 10.7.2: L'utilisation de dispositifs d'arrêt d'urgence sans blocage automatique, associés à des dispositifs séparés de remise à zéro, est considérée comme une pratique acceptable (USA).
- 13.6, tableau 6: Les sections sont spécifiées conformément aux normes américaines (AWG) (USA).
- 14.2.2: Pour le conducteur de protection, la couleur VERTE (avec ou sans bandes JAUNES) est utilisée comme équivalent à la combinaison bicolore VERT-et-JAUNE (USA et Canada).
- 14.2.3: La couleur BLANCHE ou GRISE NATURELLE est utilisée pour repérer les conducteurs de terre neutre au lieu du BLEU CLAIR (USA et Canada).
- 14.2.4: La couleur JAUNE est utilisée au lieu d'ORANGE dans ce but (USA).

The following differences exist in some countries:

- 4.3.1: The voltage characteristics of electricity supplied by public distribution systems are given in EN 50160: 1994, *Voltage characteristics of electricity supplied by public distribution systems* (Europe).
- 7.2.3: Disconnection of the neutral conductor is mandatory in a TN-S system (France).
- 10.7.2: The use of non-latching emergency stop devices in conjunction with separate reset devices is considered acceptable practice (USA).
- 13.6, table 6: Cross-sectional area is specified according to American Wire Gauge (AWG)(USA).
- 14.2.2: For the protective conductor, the colour identification GREEN (with or without YELLOW stripes) is used as equivalent to the bicolour combination GREEN-AND-YELLOW (USA and Canada).
- 14.2.3: The colour identification WHITE or NATURAL GREY is used for earthed neutral conductors instead of the colour identification LIGHT BLUE (USA and Canada).
- 14.2.4: The colour YELLOW is used instead of ORANGE for that purpose (USA).

INTRODUCTION

La présente partie de la CEI 60204 fournit les prescriptions et recommandations relatives à l'équipement électrique des machines en vue d'améliorer:

- la sécurité des personnes et des biens;
- la cohérence de réponse des commandes;
- la facilité de la maintenance.

Des performances élevées ne doivent pas être obtenues au détriment des paramètres essentiels mentionnés ci-dessus.

Un exemple d'application possible de ces prescriptions est constitué par un ensemble de machines utilisées dans la production de composants discrets où une défaillance dans de tels systèmes de fabrication ou de machines de production en série peut avoir de sérieuses conséquences économiques.

Les figures 1 et 2 sont fournies en tant qu'aide pour la compréhension des relations entre les différents éléments d'une machine et ses équipements associés. La figure 1 présente le schéma d'ensemble d'un système de fabrication typique (un groupe de machines fonctionnant de manière coordonnée) et la figure 2, le schéma d'une machine type et ses équipements associés montrant les divers éléments de l'équipement électrique explicités dans la présente norme. Les nombres entre parenthèses () renvoient aux articles et paragraphes de cette norme. Il est entendu dans les figures 1 et 2 que la totalité des éléments pris ensemble y compris les protecteurs de sécurité, outillages/auxiliaires, logiciels et la documentation constitue la machine et que celle-ci ou plusieurs machines fonctionnant ensemble avec habituellement au moins un niveau de supervision constituent une cellule ou un système de production.

INTRODUCTION

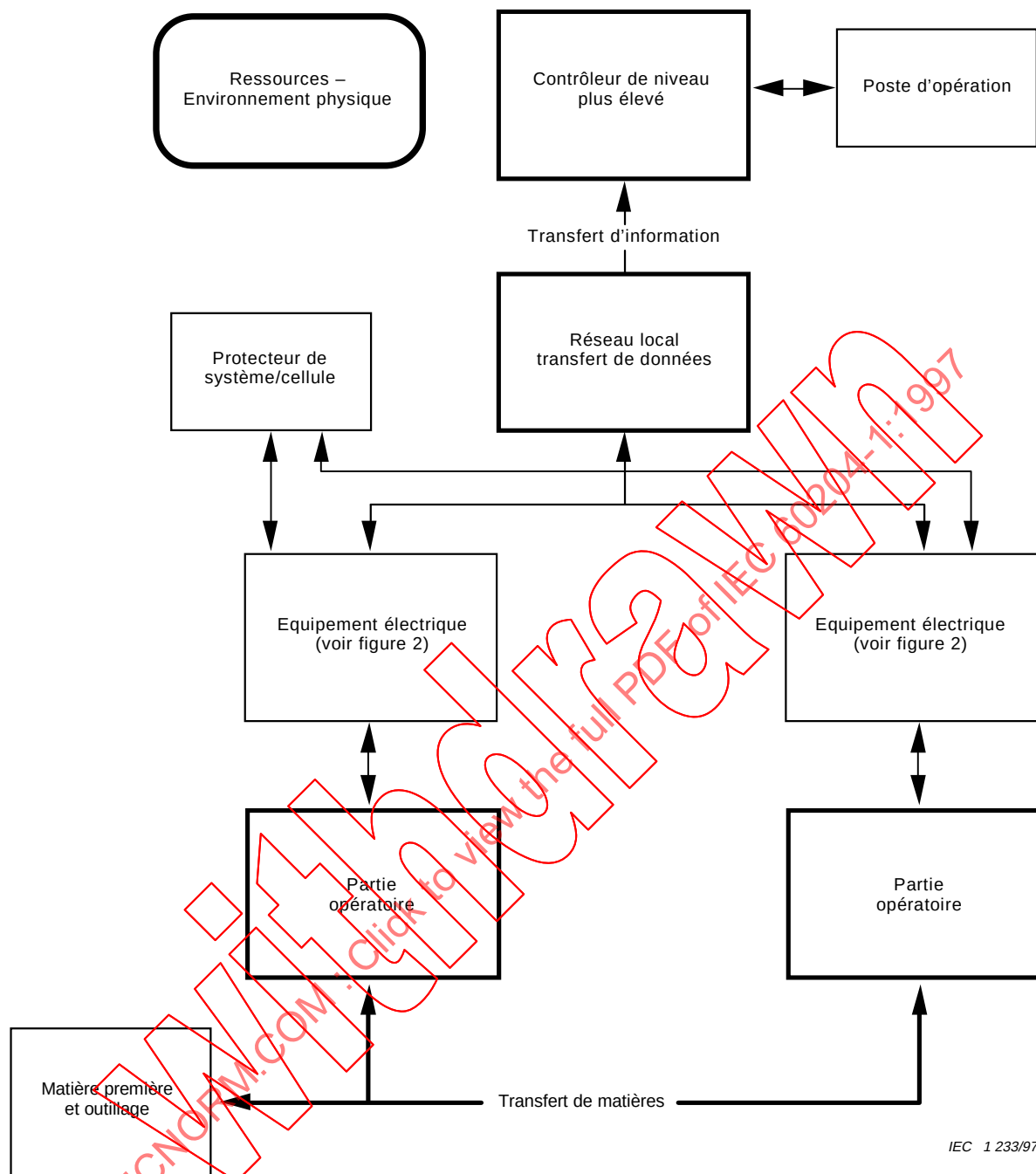
This part of IEC 60204 provides requirements and recommendations relating to the electrical equipment of machines so as to promote:

- safety of persons and property;
- consistency of control response;
- ease of maintenance.

High performance is not to be obtained at the expense of the essential factors mentioned above.

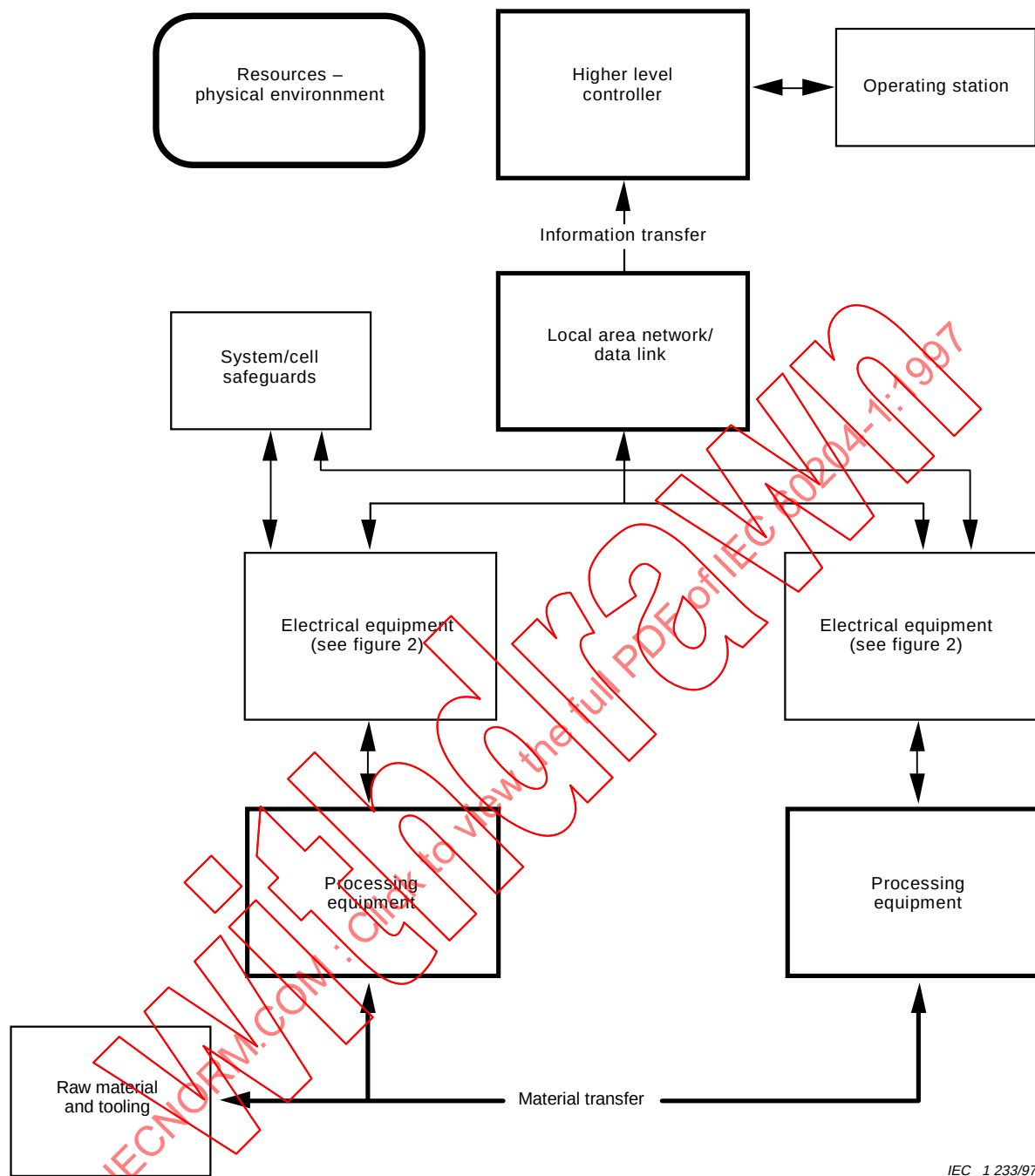
An example of a possible application of these requirements is a group of machines used in the production of discrete parts where a failure in such production machines or manufacturing systems or cells can have serious economic consequences.

Figures 1 and 2 have been provided as an aid to the understanding of the inter-relationship of the various elements of a machine and its associated equipment. Figure 1 is an overall block diagram of a typical manufacturing system (a group of machines working together in a co-ordinated manner) and figure 2 is a block diagram of a typical machine and associated equipment showing the various elements of the electrical equipment addressed in this standard. Numbers in parentheses () refer to clauses and subclauses in this standard. It is understood in figures 1 and 2 that all of the elements taken together including the safeguards, tooling/fixtures, software, and the documentation, constitute the machine, and that one or more machines working together with usually at least one level of supervisory control constitute a manufacturing cell or system.



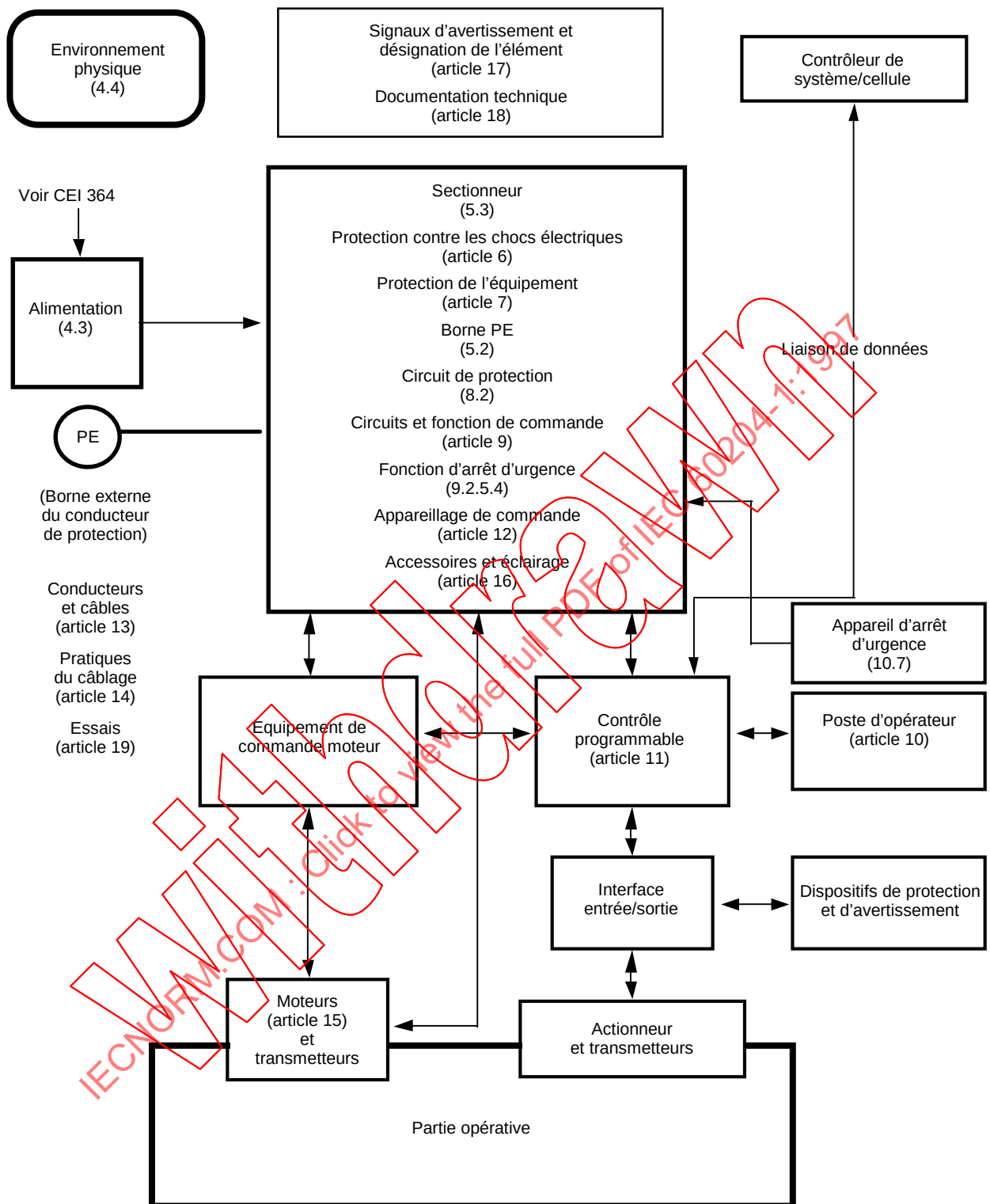
IEC 1 233/97

Figure 1 – Schéma fonctionnel d'un système de production typique



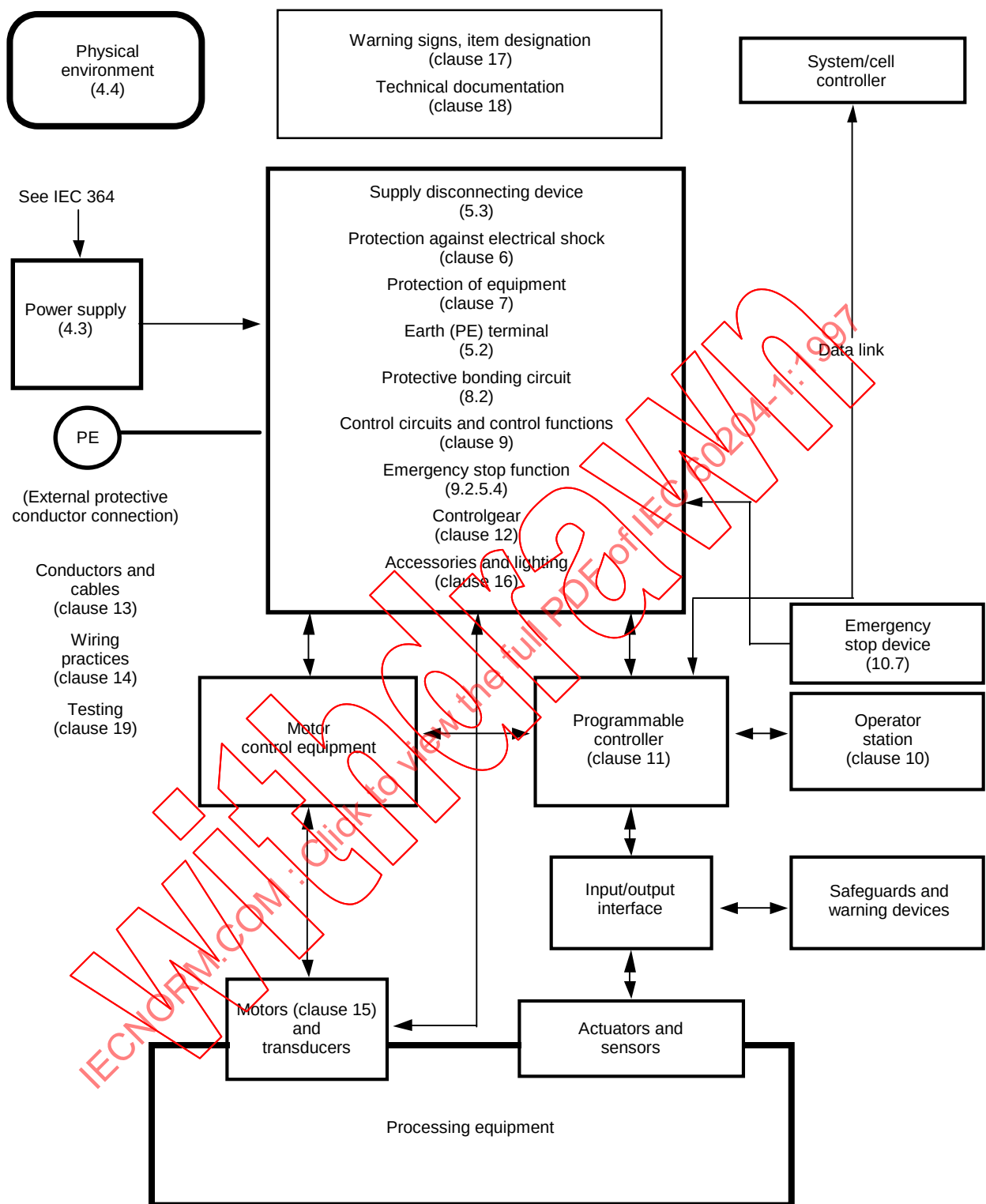
IEC 1 233/97

Figure 1 – Block diagram of a typical manufacturing system



IEC 1234/97

Figure 2 – Schéma fonctionnel d'une machine typique



IEC 1 234/97

Figure 2 – Block diagram of a typical machine

SÉCURITÉ DES MACHINES – ÉQUIPEMENT ÉLECTRIQUE DES MACHINES – Partie 1: Règles générales

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 60204 est applicable à la réalisation des équipements et systèmes électriques et électroniques des machines non portables à la main en fonctionnement y compris un groupe de machines fonctionnant ensemble d'une manière coordonnée, mais excluant les aspects de niveau plus élevé des systèmes (c'est-à-dire les communications entre systèmes).

NOTES

- 1 Dans le texte de cette norme, le terme *électrique* est utilisé dans le sens général d'électrique et d'électronique (par exemple, *équipement électrique* concerne à la fois l'équipement électrique et l'équipement électronique).
- 2 Dans le cadre de cette partie, le terme *personne* s'applique à n'importe quel individu et indiquera les personnes désignées et averties par l'utilisateur ou son ou ses agent(s) pour l'utilisation ou l'entretien de la machine concernée.

L'équipement défini dans cette norme commence au point de connexion de l'alimentation à l'équipement électrique de la machine (voir 5.1).

NOTE 3 – Pour les prescriptions d'installations d'alimentation électrique dans les bâtiments, voir la CEI 60364.

La présente partie est applicable aux équipements ou parties d'équipement qui sont alimentés sous une tension d'alimentation nominale n'excédant pas 1 000 V alternatif ou 1 500 V continu et pour des fréquences nominales n'excédant pas 200 Hz. Pour des tensions et fréquences supérieures, des prescriptions spéciales peuvent être exigées.

Cette partie est une norme d'application et n'est pas destinée à limiter ou inhiber l'avancement technologique. Elle ne couvre pas toutes les prescriptions (par exemple protection, verrouillage ou commande) qui sont nécessaires ou prescrites par d'autres normes ou réglementations destinées à protéger les personnes de risques autres qu'électriques. Chaque type de machine a des exigences propres qui doivent être prises en compte pour obtenir une sécurité adéquate.

Cette partie inclut spécifiquement, mais n'est pas limitée à, l'équipement électrique des machines comme défini en 3.33; (l'annexe A énumère des exemples de machines dont l'équipement électrique peut être couvert par cette norme).

Des prescriptions complémentaires et spécifiques peuvent s'appliquer à l'équipement électrique des machines qui:

- sont utilisées à l'air libre (par exemple à l'extérieur de bâtiments ou d'autres structures de protection);
- utilisent, préparent ou produisent des matériaux potentiellement explosifs (par exemple peinture ou sciure);
- sont utilisées dans des ambiances potentiellement inflammables et/ou explosives;
- présentent des dangers particuliers lors de la fabrication ou de l'utilisation de certains matériaux;
- sont utilisées dans les mines;
- sont des machines, unités ou systèmes de couture (traitées dans la CEI 60204-31);
- sont des appareils de levage (traités dans la CEI 60204-32).

Les circuits de puissance, où de l'énergie électrique est utilisée directement comme outil de travail, sont exclus de cette partie de la CEI 60204.

SAFETY OF MACHINERY – ELECTRICAL EQUIPMENT OF MACHINES – Part 1: General requirements

1 Scope

This part of IEC 60204 applies to the application of electrical and electronic equipment and systems to machines not portable by hand while working, including a group of machines working together in a co-ordinated manner but excluding higher level systems aspects (i.e. communications between systems).

NOTES

- 1 In this standard, the term *electrical* includes both electrical and electronic matters (i.e. *electrical equipment* means both the electrical and the electronic equipment).
- 2 In the context of this standard, the term *person* refers to any individual and includes those persons who are assigned and instructed by the user or his agent(s) in the use and care of the machine in question.

The equipment covered by this standard commences at the point of connection of the supply to the electrical equipment of the machine (see 5.1).

NOTE 3 –For the requirements for the electrical supply installation in buildings, see IEC 60364.

This part is applicable to the electrical equipment or parts of the electrical equipment that operate with nominal supply voltages not exceeding 1 000 V for alternating current and not exceeding 1 500 V for direct current, and with nominal frequencies not exceeding 200 Hz. For higher voltages or frequencies, special requirements may be needed.

This part is an application standard and is not intended to limit or inhibit technological advancement. It does not cover all the requirements (e.g. guarding, interlocking, or control) that are needed or required by other standards or regulations in order to safeguard persons from hazards other than electrical hazards. Each type of machine has unique requirements to be accommodated to provide adequate safety.

This part specifically includes, but is not limited to, the electrical equipment of machines as defined in 3.33 (annex A lists examples of machines whose electrical equipment may be covered by this standard).

Additional and special requirements can apply to the electrical equipment of machines that:

- are used in open air (i.e. outside buildings or other protective structures);
- use, process, or produce potentially explosive material (e.g. paint or sawdust);
- are used in potentially explosive and/or flammable atmospheres;
- have special risks when producing or using certain materials;
- are used in mines;
- are sewing machines, units, and systems (which are covered by IEC 60204-31);
- are hoisting machines (which are covered by 60204-32).

Power circuits where electrical energy is directly used as a working tool are excluded from this part of IEC 60204.

2 Références normatives

Les documents normatifs suivants contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente partie de la CEI 60204. Au moment de la publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Tout document normatif est sujet à révision et les parties prenantes aux accords fondés sur la présente partie de la CEI 60204 sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

CEI 60034-1: 1996, *Machines électriques tournantes – Partie 1: Caractéristiques assignées et caractéristiques de fonctionnement*

CEI 60034-5: 1991, *Machines électriques tournantes – Cinquième partie: Classification des degrés de protection prouvés par les enveloppes des machines électriques tournantes (code IP)*

CEI 60034-11: 1978, *Machines électriques tournantes – Onzième partie: Protection thermique incorporée – Chapitre 1: Règles concernant la protection des machines électriques tournantes*

CEI 60050(191): 1990, *Vocabulaire électrotechnique international (VEI) – Chapitre 191: Sûreté de fonctionnement et qualité de service*

CEI 60050(441): 1984, *Vocabulaire électrotechnique international (VEI) – Chapitre 441: Appareillage et fusibles*

CEI 60050(826): 1982, *Vocabulaire électrotechnique international (VEI) – Chapitre 826: Installations électriques des bâtiments*

CEI 60072-1: 1991, *Dimensions et séries de puissances des machines électriques tournantes – Partie 1: Désignation des carcasses entre 56 et 400 et des brides entre 55 et 1 080*

CEI 60072-2: 1990, *Dimensions et séries de puissances des machines électriques tournantes – Partie 2: Désignation des carcasses entre 355 et 1 000 et des brides entre 1 180 et 2 360*

CEI 60073: 1996, *Principes fondamentaux et de sécurité pour les interfaces homme-machines, le marquage et l'identification – Principes de codage pour les dispositifs indicateurs et les organes de commande*

CEI 60076-5: 1976, *Transformateurs de puissance – Cinquième partie: Tenue au court-circuit*

CEI 60146-1-1: 1991, *Spécifications communes et convertisseurs commutés par le réseau – Partie 1-1: Spécifications des clauses techniques de base*

CEI 60204-31: 1996, *Équipement électrique des machines industrielles – Partie 31: Règles particulières pour machines à coudre, unités et systèmes de couture*

CEI 60309-1: 1988, *Prises de courant pour usages industriels – Première partie: Règles générales*

CEI 60332-1: 1993, *Essais des câbles électriques soumis au feu – Première partie: Essais sur un conducteur ou un câble isolé vertical*

CEI 60364-4-41: 1992, *Installations électriques des bâtiments – Quatrième partie: Protection pour assurer la sécurité – Chapitre 41: Protection contre les chocs électriques*

CEI 60364-4-46: 1981, *Installations électriques des bâtiments – Quatrième partie: Protection pour assurer la sécurité – Chapitre 46: Sectionnement et commande*

CEI 60364-4-47: 1981, *Installations électriques des bâtiments – Quatrième partie: Protection pour assurer la sécurité – Chapitre 47: Application des mesures de protection pour assurer la sécurité – Section 470: Généralités – Section 471: Mesures de protection contre les chocs électriques*

CEI 60364-4-473: 1977, *Installations électriques des bâtiments – Quatrième partie: Protection pour assurer la sécurité – Chapitre 47: Application des mesures de protection pour assurer la sécurité – Section 473: Mesures de protection contre les surintensités*

2 Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this part of IEC 60204. At the time of publication, the editions indicated were valid. All normative documents are subject to revision, and parties to agreements based on this part of IEC 60204 are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the normative documents indicated below. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid normative documents.

IEC 60034-1: 1996, *Rotating electrical machines – Part 1: Rating and performance*

IEC 60034-5: 1991, *Rotating electrical machines – Part 5: Classification of degrees of protection provided by enclosures of rotating electrical machines (IP code)*

IEC 60034-11: 1978, *Rotating electrical machines – Part 11: Built-in thermal protection – Chapter 1: Rules for protection of rotating electrical machines*

IEC 60050(191): 1990, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 191: Dependability and quality of service*

IEC 60050(441): 1984, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 441: Switchgear, controlgear, and fuses*

IEC 60050(826): 1982, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 826: Electrical installations of buildings*

IEC 60072-1: 1991, *Dimensions and output series for rotating electrical machines – Frame numbers 56 to 400 and flange numbers 55 to 1 080*

IEC 60072-2: 1990, *Dimensions and output series for rotating electrical machines – Part 2: Frame numbers 355 to 1 000 and flange numbers 1 180 to 2 360*

IEC 60073: 1996, *Basic and safety principles for man-machine interface, marking and identification – Coding principles for indication devices and actuators*

IEC 60076-5: 1976, *Power transformers – Part 5: Ability to withstand short circuit*

IEC 60146-1-1: 1991, *General requirements and line commutated connectors – Part 1-1: Specifications of basic requirements*

IEC 60204-31: 1996, *Electrical equipment of industrial machines – Part 31: Particular requirements for sewing machines, units, and systems*

IEC 60309-1: 1988, *Plugs, socket-outlets, and couplers for industrial purposes – Part 1: General requirements*

IEC 60332-1: 1993, *Tests on electric cables under fire conditions – Part 1: Test on a single vertical insulated wire or cable*

IEC 60364-4-41: 1992, *Electrical installations of buildings – Part 4: Protection for safety – Chapter 41: Protection against electric shock*

IEC 60364-4-46: 1981, *Electrical installations of buildings – Part 4: Protection for safety – Chapter 46: Isolation and switching*

IEC 60364-4-47: 1981, *Electrical installations of buildings – Part 4: Protection for safety – Chapter 47: Application of protective measures for safety – Section 470: General – Section 471: Measures of protection against electric shock*

IEC 60364-4-473: 1977, *Electrical installations of buildings – Part 4: Protection for safety – Chapter 47: Application of protective measures for safety – Section 473: Measures of protection against overcurrent*

CEI 60364-4-481: 1993, *Installations électriques des bâtiments – Partie 4: Protection pour assurer la sécurité – Chapitre 48: Choix des mesures de protection en fonction des influences externes – Section 481: Choix des mesures de protection contre les chocs électriques en fonction des influences externes*

CEI 60364-5-54: 1980, *Installations électriques des bâtiments – Cinquième partie: Choix et mise en œuvre des matériels électriques – Chapitre 54: Mise à la terre et conducteurs de protection*

CEI 60364-5-523: 1983, *Installations électriques des bâtiments – Cinquième partie: Choix et mise en œuvre des matériels électriques – Chapitre 52: Canalisations – Section 523: Courants admissibles*

CEI 60364-6-61: 1986, *Installations électriques des bâtiments – Sixième partie: Vérification – Chapitre 61: Vérification à la mise en service amendé suivant l'amendement 1 (1993)*

CEI 60417: 1973, *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles*

CEI 60439-1: 1992, *Ensembles d'appareillage à basse tension – Partie 1: Ensembles de série et ensembles dérivés de série*

CEI 60445: 1988, *Identification des bornes de matériels et des extrémités de certains conducteurs désignés et règles générales pour un système alphanumérique*

CEI 60446: 1989, *Identification des conducteurs par des couleurs ou par des repères numériques*

CEI 60447: 1993, *Interface homme-machine (IHM) – Principes de manœuvre*

CEI 60529: 1989, *Degrés de protection procurés par les enveloppes (Code IP)*

CEI 60536: 1976, *Classification des matériels électriques et électroniques en ce qui concerne la protection contre les chocs électriques*

CEI 60617: *Symboles graphiques pour schémas*

CEI 60621-3: 1979, *Installations électriques pour chantiers extérieurs soumis à des conditions sévères (y compris mines à ciel ouvert et carrières) – Troisième partie: Prescriptions générales relatives au matériel électrique*

CEI 60664-1: 1992, *Coordination de l'isolement des matériels dans les systèmes (réseaux) à basse tension – Partie 1: Principes, prescriptions et essais*

CEI 60742: 1983, *Transformateurs de séparation des circuits et transformateurs de sécurité – Règles*

CEI 60947-2: 1995, *Appareillage à basse tension – Partie 2: Disjoncteurs*

CEI 60947-3: 1990, *Appareillage à basse tension – Troisième partie: Interrupteurs, sectionneurs, interrupteurs-sectionneurs et combinés-fusibles*

CEI 60947-5-1: 1990, *Appareillage à basse tension – Cinquième partie: Appareils et éléments de commutation pour circuits de commande – Section 1: Appareils électromécaniques pour circuits de commande*

CEI 60947-7-1: 1989, *Appareillage à basse tension – Septième partie: Matériels et accessoires – Section un: Blocs de jonction pour conducteurs en cuivre*

CEI 61082: *Etablissement des documents utilisés en électrotechnique*

CEI 61131-1: 1992, *Automates programmables – Partie 1: Informations générales*

CEI 61131-2: 1992, *Automates programmables – Partie 2: Spécifications et essais des équipements*

CEI 61346-1: 1996, *Systèmes industriels, installations et appareils, et produits industriels – Principes de structuration et désignations de référence – Partie 1: Règles de base*

ISO 3864: 1984, *Couleurs et signaux de sécurité*

ISO 7000: 1989, *Symboles graphiques utilisables sur le matériel – Index et tableau synoptique*

ISO/TR 12100-1: 1992, *Sécurité des machines – Notions fondamentales, principes généraux de conception – Partie 1: Terminologie de base, méthodologie*

IEC 60364-4-481: 1993, *Electrical installations of buildings – Part 4: Protection for safety – Chapter 481: Choice of protective measures as a function of external influences – Section 481: Selection of measures for protection against electric shock in relation to external influences*

IEC 60364-5-54: 1980, *Electrical installations of buildings – Part 5: Selection and erection of electrical equipment – Chapter 54: Earthing arrangements and protective conductors*

IEC 60364-5-523: 1983, *Electrical installations of buildings – Part 5: Selection and erection of electrical equipment – Chapter 52: Wiring systems – Section 523: Current-carrying capacities*

IEC 60364-6-61: 1986, *Electrical installations of buildings – Part 6: Verification – Chapter 61: Initial verification as amended by Amendment 1 (1993)*

IEC 60417: 1973, *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey, and compilation of the single sheets*

IEC 60439-1: 1992, *Low-voltage switchgear and controlgear assemblies – Part 1: Type-tested and partially type-tested assemblies*

IEC 60445: 1988, *Identification of equipment terminals and terminations of certain designated conductors including general rules for an alphanumeric system*

IEC 60446: 1989, *Identification of conductors by colours or numerals*

IEC 60447: 1993, *Man-machine interface (MMI) – Actuating principles*

IEC 60529: 1989, *Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)*

IEC 60536: 1976, *Classification of electrical and electronic equipment with regard to protection against electric shock*

IEC 60617: *Graphical symbols for diagrams*

IEC 60621-3: 1979, *Electrical installations for outdoor sites under heavy conditions (including open-cast mines and quarries) – Part 3: General requirements for equipment and ancillaries*

IEC 60664-1: 1992, *Insulation co-ordination for equipment within low-voltage systems – Part 1: Principles, requirements and tests*

IEC 60742: 1983, *Isolating transformers and safety isolating transformers*

IEC 60947-2: 1995, *Low-voltage switchgear and controlgear – Part 2: Circuit breakers*

IEC 60947-3: 1990, *Low-voltage switchgear and controlgear – Part 3: Switches, disconnectors, switch-disconnectors, and fuse combination units*

IEC 60947-5-1: 1990, *Low-voltage switchgear and controlgear – Part 5: Control circuit devices and switching elements – Section One: Electromechanical control circuit devices*

IEC 60947-7-1: 1989, *Low-voltage switchgear and controlgear – Part 7: Ancillary equipment – Section One: Terminal blocks for copper conductors*

IEC 61082: *Preparation of documents used in electrotechnology*

IEC 61131-1: 1992, *Programmable controllers – Part 1: General information*

IEC 61131-2: 1992, *Programmable controllers – Part 2: Equipment requirements and tests*

IEC 61346-1: 1996, *Industrial systems, installations and equipment and industrial products – Structuring principles and reference designations – Part 1: Basic rules*

ISO 3864: 1984, *Safety colours and safety signs*

ISO 7000: 1989, *Graphical symbols for use on equipment – Index and synopsis*

ISO/TR 12100-1: 1992, *Safety of machinery – Basic concepts, general principles for design – Part 1: Basic terminology, methodology*

3 Définitions

Pour les besoins de la présente partie de la CEI 60204, les définitions suivantes s'appliquent.

3.1 organe de commande: Partie du mécanisme transmetteur à laquelle un effort extérieur de manœuvre est appliqué. [VEI 441-15-22]

NOTES

- 1 L'organe de commande peut prendre la forme d'une poignée, d'un bouton, d'un bouton-poussoir, d'une roulette, d'un plongeur, etc.
- 2 Certains organes n'exigent pas d'effort extérieur, mais seulement une action.
- 3 Voir aussi 3.32.

3.2 température ambiante: Température de l'air ou du milieu à l'emplacement où le matériel doit être utilisé. [VEI 826-01-04]

3.3 barrière: Élément assurant la protection contre les contacts directs dans toute direction habituelle d'accès. [VEI 826-03-13]

3.4 chemin de câbles; ou tablette: Support de câbles constitué d'une base continue, munie de rebords et ne comportant pas de couvercle.

NOTE – Un chemin de câbles peut être perforé ou non.

[VEI 826-06-07]

3.5 système de goulotte: Ensemble d'enveloppes fermées, munies d'un fond avec un couvercle amovible, destiné à la protection complète des conducteurs isolés ou des câbles ainsi qu'au logement d'autres matériels électriques. [VEI 826-06-04, modifié]

3.6 concomitant: Agissant ensemble; utilisé pour décrire une situation dans laquelle deux ou plusieurs appareils de commande sont actifs en même temps (mais pas nécessairement en synchronisme).

3.7 conduit: Enveloppe fermée, de section droite circulaire ou non, destinée à la mise en place ou au remplacement de conducteurs isolés ou de câbles par tirage, dans les installations électriques.

NOTE – Les conduits devront être suffisamment fermés de manière que les conducteurs et/ou les câbles isolés puissent être tirés et non insérés latéralement.

[VEI 826-06-03]

3.8 circuit de commande (d'une machine): Circuit servant à commander le fonctionnement de la machine et à la protection des circuits de puissance.

3.9 appareil de commande: Appareil inséré dans le circuit de commande et servant à commander le fonctionnement de la machine (par exemple détecteurs de position, auxiliaires manuels de commande, relais, électrodistributeurs).

3.10 appareillage de commande: Terme général applicable aux appareils de connexion et à leur combinaison avec des appareils de commande, de mesure, de protection et de réglage qui leur sont associés; ainsi qu'aux ensembles de tels appareils avec les connexions, les accessoires, les enveloppes et les supports correspondants, destinés en principe à la commande des appareils utilisateurs d'énergie électrique. [VEI 441-11-03]

3.11 arrêt contrôlé: Arrêt du mouvement d'une machine, par exemple par réduction du signal de commande à zéro dès que l'ordre d'arrêt a été reconnu par le dispositif de commande mais en maintenant la puissance électrique aux actionneurs de la machine durant la procédure d'arrêt.

3 Definitions

For the purpose of this part of IEC 60204, the following definitions apply.

3.1 actuator: The part of the actuating system to which an external actuating force is applied. [IEV 441-15-22]

NOTES

- 1 The actuator may take the form of a handle, knob, push-button, roller, plunger, etc.
- 2 There are some actuating means that do not require an external actuating force but only an action.
- 3 See also 3.32.

3.2 ambient temperature: The temperature of the air or other medium where the equipment is to be used. [IEV 826-01-04]

3.3 barrier: A part providing protection against direct contact from any usual direction of access. [IEV 826-03-13]

3.4 cable tray: A cable support consisting of a continuous base and raised edges and no covering.

NOTE – A cable tray may be perforated or non-perforated.

[IEV 826-06-07]

3.5 cable trunking system: A system of closed enclosures comprising a base with a removable cover intended for the complete surrounding of insulated conductors, cables, cords and for the accommodation of other electrical equipment. [IEV 826-06-04, modified]

3.6 concurrent: Acting in conjunction; used to describe a situation wherein two or more control devices exist in an actuated condition at the same time (but not necessarily synchronously).

3.7 conduit: A part of a closed wiring system of circular or non-circular cross-section for insulated conductors and/or cables in electrical installations, allowing them to be drawn in and/or replaced.

NOTE – Conduits should be sufficiently close-jointed so that the insulated conductors and/or cables can only be drawn in and not inserted laterally.

[IEV 826-06-03]

3.8 control circuit (of a machine): A circuit used for the operational control of the machine and for protection of the power circuits.

3.9 control device: A device connected into the control circuit and used for controlling the operation of the machine (e.g. position sensor, manual control switch, relay, magnetically operated valve).

3.10 controlgear: A general term covering switching devices and their combination with associated control, measuring, protective, and regulating equipment, also assemblies of such devices and equipment with associated interconnections, accessories, enclosures, and supporting structures, intended in principle for the control of electrical energy consuming equipment. [IEV 441-11-03]

3.11 controlled stop: The stopping of machine motion by, for example, reducing the electrical command signal to zero once the stop signal has been recognized by the control but retaining electrical power to the machine actuators during the stopping process.

3.12 numérique: Fonctionnant avec des signaux discrets pour représenter des données sous forme de nombres et autres caractères.

3.13 contact direct: Contact de personnes ou d'animaux domestiques ou d'élevage avec des parties actives. [VEI 826-03-05].

3.14 canalisation: Canal fermé destiné expressément au support et à la protection de conducteurs, de câbles et de barres électriques.

NOTE – Les conduits (voir 3.7), les systèmes de goulottes (voir 3.5) et les canaux enterrés sont des types de canalisations.

3.15 zone de service électrique: Local ou emplacement pour matériels électriques dont l'accès est destiné à être restreint aux personnes qualifiées ou averties, par ouverture d'une porte ou retrait d'une barrière, sans l'aide d'une clé ou d'un outil et qui est clairement marqué à l'aide de signaux d'avertissement appropriés.

3.16 équipement électronique: Partie d'un équipement électrique comprenant des circuits basés principalement sur des dispositifs électroniques et des composants.

3.17 zone fermée de service électrique: Local ou emplacement de matériels électriques dont l'accès est destiné à être restreint aux personnes qualifiées ou averties par ouverture d'une porte ou retrait d'une barrière à l'aide d'une clé ou d'un outil et qui est clairement marqué à l'aide de signaux d'avertissement appropriés.

3.18 enveloppe: Élément assurant la protection des matériels contre certaines influences externes, et dans toutes les directions, la protection contre les contacts directs. [VEI 826-03-12]

NOTE – Cette définition tirée du VEI existant nécessite les explications suivantes dans le cadre de la présente norme (voir la CEI 60529, 3.1):

- a) Les enveloppes assurent la protection de personnes ou d'animaux domestiques ou d'élevage contre l'accès aux parties dangereuses.
- b) Les barrières, les formes des ouvertures, ou tout autre moyen approprié pour prévenir ou limiter la pénétration des calibres d'essai spécifiés, soit fixés sur l'enveloppe, soit formés par l'appareillage sous enveloppe sont considérés comme faisant partie de l'enveloppe, sauf s'ils peuvent être démontés sans l'aide d'une clef ou d'un outil.

Une enveloppe peut être:

- une armoire ou un coffret, monté sur la machine, ou séparé de la machine;
- un compartiment, constitué par un espace fermé dans la structure de la machine.

3.19 équipement: Terme général incluant matériels, adaptations, dispositifs, appareils, fixations, instruments et autres utilisés comme une partie d'une installation électrique ou en connexion avec une installation électrique.

3.20 liaison équipotentielle: Liaison électrique mettant au même potentiel, ou à des potentiels voisins, des masses et des éléments conducteurs. [VEI 826-04-09]

3.21 masse (partie conductrice accessible): Partie conductrice d'un matériel électrique susceptible d'être touchée et qui n'est pas normalement sous tension mais qui peut le devenir en cas de défaut.

NOTE – Une partie conductrice d'un matériel qui ne peut être mise sous tension en cas de défaut que par l'intermédiaire d'une masse n'est pas considérée comme une masse.

[VEI 826-03-02]

3.22 élément conducteur: Élément susceptible d'introduire un potentiel, généralement celui de la terre, et ne faisant pas partie de l'installation électrique. [VEI 826-03-03].

3.12 **digital:** Operated by the use of discrete signals to represent data in the form of numbers or other characters.

3.13 **direct contact:** Contact of persons or livestock with live parts. [IEV 826-03-05]

3.14 **duct:** An enclosed channel designed expressly for holding and protecting electrical conductors, cables, and busbars.

NOTE – Conduits (see 3.7), cable trunking systems (see 3.5) and underfloor channels are types of duct.

3.15 **electrical operating area:** A room or location for electrical equipment to which access is intended to be restricted to skilled or instructed persons, by the opening of a door or the removal of a barrier without the use of a key or tool, and which is clearly marked by appropriate warning signs.

3.16 **electronic equipment:** That part of the electrical equipment containing circuitry mainly based on electronic devices and components.

3.17 **enclosed electrical operating area:** A room or location for electrical equipment to which access is intended to be restricted to skilled or instructed persons by the opening of a door or the removal of a barrier by the use of a key or tool and which is clearly marked by appropriate warning signs.

3.18 **enclosure:** A part providing protection of equipment against certain external influences and, in any direction, protection against direct contact. [IEV 826-03-12]

NOTE – The definition taken from the existing IEC needs the following explanations under the scope of this standard (see IEC 60529, 3.1):

- a) Enclosures provide protection of persons or livestock against access to hazardous parts;
- b) Barriers, shaped openings, or any other means suitable to prevent or limit the penetration of the specified test probes, whether attached to the enclosure or formed by the enclosed equipment, are considered as part of the enclosure, except where they can be removed without the use of a key or tool.

An enclosure may be:

- a cabinet or box, either mounted on the machine or separate from the machine;
- a compartment consisting of an enclosed space within the machine structure.

3.19 **equipment:** A general term including material, fittings, devices, appliances, fixtures, apparatus, and the like used as part of, or in connection with, an electrical installation.

3.20 **equipotential bonding:** Electrical connection putting various exposed conductive parts and extraneous conductive parts at a substantially equal potential. [IEV 826-04-09]

3.21 **exposed conductive part:** A conductive part of electrical equipment, which can be touched and which is not normally live, but which may become live under fault conditions.

NOTE – A conductive part of electrical equipment which can only become live under fault conditions through an exposed conductive part, is not considered to be an exposed conductive part.

[IEV 826-03-02]

3.22 **extraneous conductive part:** A conductive part not forming part of the electrical installation and liable to introduce a potential, generally the earth potential. [IEV 826-03-03]

3.23 défaillance: Cessation de l'aptitude d'une entité à accomplir une fonction requise.

NOTES

- 1 Après une défaillance, cette entité a un défaut.
- 2 Une défaillance est un passage d'un état à un autre, par opposition à un défaut, qui est un état.
- 3 La notion de défaillance, telle qu'elle est définie, ne s'applique pas à une entité constituée seulement de logiciel. [VEI 191-04-01]
- 4 En pratique, les termes «défaut» et «défaillance» (voir 3.5) sont souvent utilisés comme synonymes.

3.24 défaut: Etat d'une entité inapte à accomplir une fonction requise, non comprise l'inaptitude due à la maintenance préventive ou à d'autres actions programmées, ou due à un manque de moyens extérieurs.

NOTES

- 1 Un défaut est souvent la conséquence d'une défaillance de l'entité elle-même, mais il peut exister sans défaillance préalable.
- 2 En anglais le terme «fault» et sa définition sont identiques à ceux donnés dans le VEI 191-05-01. Dans le domaine des machines, en français et en allemand on utilise les termes «défaut» et «Fehler» de préférence aux termes «panne» et «Fehlzustand» qui sont donnés avec la même définition.

3.25 protecteur: Élément d'une machine spécifiquement utilisé pour assurer une protection par une barrière physique. Suivant sa construction, un protecteur peut être un boîtier, un couvercle, un écran, une porte, un protecteur-enveloppe, etc. [ISO/TR 12100-1, 3.22, modifié]

3.26 danger (phénomène dangereux): Cause possible de blessure ou de dommage à la santé [voir ISO/TR 12100-1, 3.5, modifié]

3.27 contact indirect: Contact de personnes ou d'animaux domestiques ou d'élevage avec des masses mises sous tension par suite d'un défaut d'isolement. [VEI 826-03-06]

3.28 personne avertie (en électricité): Personne suffisamment informée ou surveillée par une personne qualifiée (en électricité) pour lui permettre de percevoir les risques et d'éviter les dangers que peut présenter l'électricité [VEI 826-09-02, modifié]

3.29 verrouillage (pour la protection par protecteur): Arrangement qui interconnecte un ou des protecteurs ou appareils avec le système de commande et/ou tout ou partie de la distribution d'énergie électrique à la machine.

3.30 dispositif limiteur: Dispositif qui empêche une machine ou un élément de machine de dépasser une limite donnée (par exemple limite dans l'espace, limite de pression, etc.). [ISO/TR 12100-1, 3.23.7]

3.31 partie active: Tout conducteur ou partie conductrice destinée à être sous tension en service normal, ainsi que le conducteur neutre, mais, par convention, à l'exclusion du conducteur PEN.

NOTE – Ce terme n'implique pas nécessairement un risque de choc électrique.

[VEI 826-03-01]

3.32 actionneur: Mécanisme de puissance utilisé pour animer une machine.

3.33 machine: Ensemble de pièces ou d'organes liés entre eux, dont au moins un est mobile et, le cas échéant, d'actionneurs, de circuits de commande et de puissance, etc. réunis de façon solidaire en vue d'une application définie, notamment pour la transformation, le traitement, le déplacement et le conditionnement d'un matériau.

Le terme machine couvre également un ensemble de machines qui, afin de concourir à un seul et même résultat, sont disposées et commandées de manière à être solidaires dans leur fonctionnement.

Le terme machine comprend également des équipements modifiant la fonction d'une machine du marché dans le but d'être assemblés avec une machine ou un ensemble de différentes machines, ou un tracteur par l'utilisateur lui-même, ces équipements n'étant ni des pièces de rechange ni des outils.

3.23 failure: The termination of the ability of an item to perform a required function.

NOTES

- 1 After failure the item has a fault.
- 2 "Failure" is an event, as distinguished from "fault", which is a state.
- 3 This concept as defined does not apply to items consisting of software only. [IEV 191-04-01]
- 4 In practice the terms fault and failure are often used synonymously.

3.24 fault: The state of an item characterized by inability to perform a required function, excluding the inability during preventive maintenance or other planned actions, or due to lack of external resources.

NOTES

- 1 A fault is often the result of a failure of the item itself, but may exist without prior failure.
- 2 In English the term "fault" and its definition are identical with those given in IEC 191-05-01. In the field of machinery, the French term "défaut" and the German term "Fehler" are used rather than the terms "panne" and "Fehlzustand" that appear with this definition.

3.25 guard: Part of a machine specifically used to provide protection by means of a physical barrier. Depending on its construction, a guard may be called casing, cover, screen, door, enclosing guard, etc. [ISO/TR 12100-1, 3.22, modified]

3.26 hazard: A source of possible injury or damage to health. [ISO/TR 12100-1, 3.5, modified]

3.27 indirect contact: Contact of persons or livestock with exposed conductive parts which have become live under fault conditions. [IEV 826-03-06]

3.28 (electrically) instructed person: A person adequately advised or supervised by an electrically skilled person to enable him or her to perceive risks and to avoid hazards which electricity can create. [IEV 826-09-02, modified]

3.29 interlock (for safeguarding): An arrangement that interconnects guard(s) or device(s) with the control system and/or all or part of the electrical energy distributed to the machine.

3.30 limiting device: A device which prevents a machine or a machine element from exceeding a designed limit (e.g. space limit, pressure limit). [ISO/TR 12100-1, 3.23.7]

3.31 live part: A conductor or conductive part intended to be energized in normal use, including a neutral conductor, but, by convention, not a PEN conductor.

NOTE – This term does not necessarily imply a risk of electric shock.

[IEV 826-03-01]

3.32 machine actuator: A power mechanism used to effect motion of the machine.

3.33 machinery (machine): An assembly of linked parts or components, at least one of which moves, with the appropriate machine actuators, control and power circuits, etc., joined together for a specific application, in particular for the processing, treatment, moving or packaging of a material.

The term machinery also covers an assembly of machines which, in order to achieve one and the same end, are arranged and controlled so that they function as an integral whole.

Machinery also means interchangeable equipment modifying the function of a machine, which is placed on the market (supplied) for the purpose of being assembled with a machine or a series of different machines, or with a tractor by the operator himself insofar as this equipment is not a spare part or tool.

3.34 **marquage:** Signes ou inscriptions servant à l'identification du type du composant ou de l'appareil, fixés par le constructeur du composant ou de l'appareil.

3.35 **conducteur neutre (symbole N):** Conducteur relié au point neutre d'un réseau et pouvant contribuer au transport de l'énergie électrique. [VEI 826-01-03]

3.36 **obstacle:** Élément empêchant un contact direct fortuit mais ne s'opposant pas à une action délibérée. [VEI 826-03-14]

3.37 **surintensité:** Tout courant supérieur à la valeur assignée. Pour les conducteurs, la valeur assignée est le courant admissible. [VEI 826-05-06]

3.38 **surcharge (d'un circuit):** Relation temps/courant dans un circuit supérieure à la pleine charge assignée du circuit lorsque ce dernier n'est pas en défaut.

NOTE – Il convient de ne pas utiliser le terme *surcharge* comme un synonyme de *surintensité*.

3.39 **ensemble fiche-prise:** Prise de courant, prolongateur ou connecteur, conformes à la CEI 60309-1.

3.40 **manœuvre positive d'ouverture (d'un élément de contact):** Accomplissement de la séparation des contacts résultant directement d'un mouvement de l'organe de commande et effectué au moyen de pièces non élastiques (par exemple sans l'intermédiaire de ressorts). [CEI 60947-5-1, chapitre 3, 2.2]

3.41 **circuit de puissance:** Circuit transmettant l'énergie du réseau aux éléments d'équipement utilisés directement pour le travail effectué par la machine et aux transformateurs alimentant les circuits de commande.

3.42 **circuit de protection:** Ensemble des conducteurs de protection et des parties conductrices utilisés pour la protection contre les chocs électriques dans le cas de défaillance de l'isolation.

3.43 **conducteur de protection:** Conducteur prescrit dans certaines mesures de protection contre les chocs électriques et destiné à relier électriquement certaines des parties suivantes:

- masses;
- éléments conducteurs;
- borne principale de terre.

[VEI 826-04-05, modifié]

3.44 **redondance:** Duplication de dispositifs ou systèmes, ou d'éléments d'un dispositif ou système, visant à garantir que si l'un d'eux est défaillant dans l'exécution de sa fonction, un autre est disponible pour exécuter ladite fonction.

3.45 **désignation de référence:** Code distinct servant à identifier un élément sur un schéma, une légende, un diagramme et sur le matériel.

3.46 **risque:** Combinaison de la probabilité d'occurrence et de la gravité d'une blessure dans une condition dangereuse. [ISO/TR 12100-1]

3.47 **mode opératoire sûr:** Méthode de travail qui réduit le risque.

3.48 **protecteur de sécurité:** Protecteur ou dispositif de protection utilisé comme mesure de sécurité pour protéger les personnes contre un danger présent ou imminent.

3.49 **protection par protecteur:** Mesures utilisant des moyens spécifiques appelés protecteurs de sécurité pour protéger les personnes contre des dangers qui ne peuvent pas être éliminés ou suffisamment réduits à la conception.

3.34 **marking:** Signs or inscriptions for the identification of the type of a component or device attached by the manufacturer of the component or device.

3.35 **neutral conductor (symbol N):** A conductor connected to the neutral point of a system and capable of contributing to the transmission of electrical energy. [IEV 826-01-03]

3.36 **obstacle:** A part preventing unintentional direct contact, but not preventing direct contact by deliberate action. [IEV 826-03-14]

3.37 **overcurrent:** Any current exceeding the rated value. For conductors, the rated value is the current-carrying capacity. [IEV 826-05-06]

3.38 **overload (of a circuit):** The time/current relationship in a circuit which is in excess of the rated full load of the circuit when the circuit is not under a fault condition.

NOTE – *Overload* should not be used as a synonym for *overcurrent*.

3.39 **plug/socket combination:** A plug and socket-outlet, a cable coupler, or an appliance coupler, in accordance with IEC 60309-1.

3.40 **positive opening operation (of a contact element):** The achievement of contact separation as the direct result of a specified movement of the switch actuator through non-resilient members (e.g. not dependent upon springs). [IEC 60947-5-1, chapter 3, 2.2]

3.41 **power circuit:** A circuit used for supplying power from the supply network to units of equipment used for productive operation and to transformers supplying control circuits.

3.42 **protective bonding circuit:** The whole of the protective conductors and conductive parts used for protection against electric shock in the event of an insulation failure.

3.43 **protective conductor:** A conductor required by some measures for protection against electric shock for electrically connecting any of the following parts:

- exposed conductive parts;
- extraneous conductive parts;
- main earthing terminal.

[IEV 826-04-05, modified]

3.44 **redundancy:** The application of more than one device or system, or part of a device or system, with the objective of ensuring that in the event of one failing to perform its function another is available to perform that function.

3.45 **reference designation:** A distinctive code which serves to identify an item in a diagram, list, chart, and on the equipment.

3.46 **risk:** A combination of the probability and the degree of possible injury or damage to health in a hazardous situation. [ISO/TR 12100-1]

3.47 **safe working procedure:** A method of working that reduces risk.

3.48 **safeguard:** A guard or protective device used as a means to protect persons from a present or impending hazard.

3.49 **safeguarding:** Safety measures consisting of the use of specific means called safeguards to protect persons from hazards that cannot reasonably be removed or are not sufficiently limited by design.

3.50 **plancher de service:** Niveau sur lequel se trouvent les personnes intervenant pour l'entretien de l'équipement électrique.

3.51 **courant de court-circuit:** Surintensité résultant d'un court-circuit dû à un défaut ou à un branchement incorrect dans un circuit électrique. [VEI 441-11-07]

3.52 **personne qualifiée (en électricité):** Personne ayant des connaissances techniques et une expérience lui permettant de percevoir les risques et d'éviter les dangers que peut présenter l'électricité. [VEI 826-09-01, modifié]

3.53 **fournisseur:** Entité (par exemple fabricant, maître d'œuvre, installateur, intégrateur) qui fournit l'appareillage ou les services associés à la machine.

NOTE – L'utilisateur peut aussi agir en tant que son propre fournisseur.

3.54 **appareil de connexion:** Appareil destiné à établir ou à interrompre le courant dans un ou plusieurs circuits électriques. [VEI 441-14-01]

NOTE – Un appareil de connexion peut réaliser une ou plusieurs de ces actions

3.55 **borne:** Partie conductrice d'un dispositif comportant une connexion électrique pour des circuits externes.

3.56 **arrêt non contrôlé:** Arrêt du mouvement d'une machine par suppression de la puissance aux actionneurs, tous les freins ou autres dispositifs mécaniques d'arrêt étant actionnés.

3.57 **utilisateur:** Entité qui utilise la machine et son équipement électrique associé.

4 Prescriptions générales

4.1 Généralités

Cette partie de la CEI 60204 est destinée à être appliquée aux équipements électriques utilisés avec une grande variété de machines et avec un groupe de machines travaillant ensemble de façon coordonnée.

Les risques associés aux phénomènes dangereux relatifs à l'équipement électrique doivent être estimés comme un élément des prescriptions globales pour l'évaluation du risque de la machine. Ceci permettra de fixer le niveau acceptable de risque et les mesures de protection nécessaires pour les personnes potentiellement exposées à ces phénomènes tout en conservant des performances acceptables à la machine et à ses équipements.

Les phénomènes dangereux peuvent être dus, de façon non limitative à:

- des défaillances ou défauts de l'équipement électrique conduisant à la possibilité de choc électrique ou de feu d'origine électrique;
- des défaillances ou défauts dans les circuits de commande (ou les composants ou dispositifs associés à ces circuits) conduisant à un dysfonctionnement de la machine;
- des variations ou interruptions dans les sources d'alimentation ainsi que les défauts ou pannes des circuits de puissance conduisant à un dysfonctionnement de la machine;
- une non-continuité de circuits liés à des contacts glissants ou rotatifs conduisant à une défaillance d'une fonction de sécurité;
- des perturbations électriques (par exemple perturbations électromagnétiques, électrostatiques ou radio) générées de façon soit interne soit externe à l'équipement électrique;
- une énergie accumulée (électrique ou mécanique);
- un bruit audible d'un niveau tel qu'il cause des problèmes de santé aux personnes.

Les mesures de sécurité combinent des mesures prises au niveau de la conception et celles à mettre en œuvre par l'utilisateur.

3.50 servicing level: Level on which persons normally stand when operating or maintaining the electrical equipment.

3.51 short-circuit current: An overcurrent resulting from a short circuit due to a fault or an incorrect connection in an electric circuit. [IEV 441-11-07]

3.52 (electrically) skilled person: A person with relevant education and experience to enable him or her to perceive risks and to avoid hazards which electricity can create. [IEV 826-09-01, modified]

3.53 supplier: An entity (e.g. manufacturer, contractor, installer, integrator) who provides equipment or services associated with the machine.

NOTE – The user may also act in the capacity of a supplier to himself.

3.54 switching device: A device designed to make or break the current in one or more electric circuits. [IEV 441-14-01]

NOTE – A switching device may perform one or both of these actions.

3.55 terminal: A conductive part of a device provided for electrical connection to external circuits.

3.56 uncontrolled stop: The stopping of machine motion by removing power to the machine actuators, all brakes and/or other mechanical stopping devices being activated.

3.57 user: An entity who utilizes the machine and its associated electrical equipment.

4 General requirements

4.1 General considerations

This part of IEC 60204 is intended to apply to electrical equipment used with a wide variety of machines and with a group of machines working together in a co-ordinated manner.

The risks associated with the hazards relevant to the electrical equipment shall be assessed as part of the overall requirements for risk assessment of the machine. This will determine the acceptable level of risk, and the necessary protective measures for persons who can be exposed to those hazards, while still maintaining an acceptable level of performance of the machine and its equipment.

Hazards can result from, but are not limited to, the following causes:

- failures or faults in the electrical equipment resulting in the possibility of electric shock or electrical fire;
- failures or faults in control circuits (or components and devices associated with those circuits) resulting in the malfunctioning of the machine;
- disturbances or disruptions in power sources as well as failures or faults in the power circuits resulting in the malfunctioning of the machine;
- loss of continuity of circuits that depend upon sliding or rolling contacts, resulting in a failure of a safety function;
- electrical disturbances (e.g. electromagnetic, electrostatic or radio interference) either from outside the electrical equipment or internally generated;
- stored energy (either electrical or mechanical);
- audible noise at levels that cause health problems to persons.

Safety measures are a combination of the measures incorporated at the design stage and those measures required to be implemented by the user.

La conception et le développement doivent être envisagés en premier lieu pour réduire les risques. Si cela n'est pas suffisant, la protection par protecteur et les modes opératoires sûrs doivent être pris en compte. La protection comporte l'utilisation de protecteurs de sécurité et de moyens de prise de conscience.

L'utilisation du questionnaire présenté dans l'annexe B de la présente partie de la CEI 60204 est recommandée pour faciliter l'accord entre l'utilisateur et le ou les fournisseurs sur les conditions de base et sur des prescriptions complémentaires de l'utilisateur relatives à l'équipement électrique. Ces prescriptions complémentaires visent à:

- fournir les caractéristiques supplémentaires qui dépendent du type de machine (ou groupe de machines) et de l'application;
- faciliter la maintenance et la réparation;
- améliorer la fiabilité et la facilité de fonctionnement.

4.2 Choix des matériels

Les composants et appareils électriques doivent convenir à l'usage auquel ils sont destinés et doivent être conformes aux normes correspondantes de la CEI, lorsqu'elles existent.

4.3 Alimentation électrique

4.3.1 Généralités

L'équipement électrique doit être prévu pour fonctionner convenablement dans les conditions d'alimentation spécifiées:

- en 4.3.2 ou en 4.3.3, ou
- par l'utilisateur (voir annexe B), ou
- par le fournisseur dans le cas de source particulière, telle qu'un générateur embarqué.

4.3.2 Alimentations en courant alternatif (c.a.)

Tension Tension permanente: 0,9 ... 1,1 de la valeur nominale.

Fréquence 0,99 ... 1,01 de la valeur nominale de façon continue;
0,98 ... 1,02 sur une courte période.

NOTE – La valeur d'une courte période peut être spécifiée par l'utilisateur (voir annexe B)

Harmoniques Distorsion harmonique inférieure à 10 % de la tension efficace totale entre conducteurs actifs (somme des harmoniques de rang deux à cinq). Une distorsion harmonique additionnelle de 2 % de la tension efficace totale entre conducteurs actifs (somme des harmoniques de rang 6 à 30) est autorisée.

Déséquilibre de tension Ni la tension de la composante inverse, ni la tension de la composante d'alimentation triphasée homopolaire ne doivent être supérieures à 2 % de la tension de la composante directe.

Coupure de tension L'alimentation ne doit pas être interrompue ou la tension ne doit pas tomber à zéro pendant plus de 3 ms à n'importe quel instant d'une période d'alimentation. Entre deux interruptions successives, il doit s'écouler au moins 1 s.

Creux de tension Les creux de tension ne doivent pas dépasser 20 % de la tension crête de l'alimentation sur plus d'une période. Entre deux creux successifs, il doit s'écouler plus de 1 s.

Design and development shall be the first consideration in the reduction of risks. Where this is not sufficient, safeguarding and safe working procedures shall be considered. Safeguarding includes the use of safeguards and awareness means.

The use of the inquiry form as shown in annex B of this part of IEC 60204 is recommended in order to facilitate an appropriate agreement between the user and the supplier(s) on basic conditions and additional user requirements related to the electrical equipment. Those additional requirements are to:

- provide additional features that are dependent on the type of machine (or group of machines) and the application;
- facilitate maintenance and repair; and
- advance the reliability and ease of operation.

4.2 Selection of equipment

Electrical components and devices shall be suitable for their intended use and shall conform to relevant IEC standards where such exist.

4.3 Electrical supply

4.3.1 General

The electrical equipment shall be designed to operate correctly with the conditions of the supply:

- as specified in 4.3.2 or 4.3.3, or
- as otherwise specified by the user (see annex B), or
- as specified by the supplier in the case of a special source of supply such as an on-board generator.

4.3.2 AC supplies

Voltage Steady state voltage: 0,9 ... 1,1 of nominal voltage.

Frequency 0,99 ... 1,01 of nominal frequency continuously;
0,98 ... 1,02 short time.

NOTE – The short time value may be specified by the user (see annex B).

Harmonics Harmonic distortion not to exceed 10 % of the total r.m.s. voltage between live conductors for the sum of the second through to the fifth harmonic. An additional 2 % of the total r.m.s. voltage between live conductors for the sum of the sixth through to the 30th harmonic is permissible.

Voltage unbalance Neither the voltage of the negative sequence component nor the voltage of the zero sequence component in three-phase supplies shall exceed 2 % of the positive sequence component.

Voltage interruption Supply interrupted or at zero voltage for not more than 3 ms at any random time in the supply cycle. There shall be more than 1 s between successive interruptions.

Voltage dips Voltage dips shall not exceed 20 % of the peak voltage of the supply for more than one cycle. There shall be more than 1 s between successive dips.

4.3.3 Alimentations en courant continu (c.c.)

Par piles ou batteries:

Tension 0,85 ... 1,15 de la tension nominale;
0,7 ... 1,2 de la tension nominale dans le cas de véhicules électriques.

Coupure de tension Inférieure à 5 ms.

Par convertisseur:

Tension 0,9 ... 1,1 de la tension nominale.

Coupure de tension N'excédant pas 20 ms. Il doit s'écouler plus de 1 s entre les interruptions successives.

Ondulation (de pic à pic) N'excédant pas 0,15 fois la tension nominale.

NOTE – Cela diffère du Guide 106 de la CEI, afin de garantir un fonctionnement correct de l'équipement électronique.

4.3.4 Source de puissance embarquée

Pour des alimentations spécifiques telles que générateurs embarqués, les limites données en 4.3.2 et 4.3.3 peuvent être dépassées si l'équipement est conçu pour fonctionner correctement dans ces conditions.

4.4 Environnement physique et conditions de fonctionnement

4.4.1 Généralités

L'appareillage électrique doit convenir à l'utilisation dans l'environnement physique et les conditions de fonctionnement spécifiés de 4.4.2 à 4.4.8. Lorsque l'environnement physique ou les conditions de fonctionnement diffèrent de ceux spécifiés ci-dessous, un accord peut-être nécessaire entre le fournisseur et l'utilisateur (voir annexe B).

4.4.2 Compatibilité électromagnétique (CEM)

L'équipement ne doit pas engendrer de perturbations électromagnétiques de niveau supérieur à celui approprié aux emplacements prévus pour son utilisation. De plus, l'équipement doit présenter un niveau d'immunité approprié aux perturbations électromagnétiques de manière qu'il puisse fonctionner correctement dans l'environnement prévu.

NOTES

1 Les normes européennes EN 50081 et EN 50082-2 donnent des limites générales d'émission et d'immunité CEM. Ces prescriptions sont à l'étude dans le TC 77 de la CEI et le CISPR.

2 Des normes de produits (par exemple la CEI 60439-1) peuvent donner des prescriptions CEM plus spécifiques.

Les perturbations peuvent être limitées par:

- suppression à la source en utilisant des capacités, des varistances, des diodes, des diodes Zener, des varistances ou des composants actifs, ou une combinaison de ceux-ci; ou
- blindage du matériel par une enveloppe conductrice équipotentielle pour le séparer des autres équipements.

Les effets indésirables des décharges électrostatiques, de l'énergie électromagnétique rayonnée et des perturbations transmises par le réseau doivent être évités, par exemple par l'utilisation de filtres appropriés, de temporisations, de certains niveaux de puissance choisis, de méthodes ou de pratiques de câblage convenables.

4.3.3 DC supplies

From batteries:

Voltage 0,85 ... 1,15 of nominal voltage;
0,7 ... 1,2 of nominal voltage in the case of battery-operated vehicles.

Voltage interruption Not exceeding 5 ms.

From converting equipment:

Voltage 0,9 ... 1,1 of nominal voltage.

Voltage interruption Not exceeding 20 ms. There shall be more than 1 s between successive interruptions.

Ripple (peak-to-peak) Not exceeding 0,15 of nominal voltage

NOTE – This is a variation to IEC Guide 106 to ensure proper operation of electronic equipment.

4.3.4 On-board power supply

For special supply systems such as on-board generators, the limits given in 4.3.2 and 4.3.3 may be exceeded provided that the equipment is designed to operate correctly with those conditions.

4.4 Physical environment and operating conditions

4.4.1 General

The electrical equipment shall be suitable for use in the physical environment and operating conditions specified in 4.4.2 to 4.4.8. When the physical environment or the operating conditions are outside those specified, an agreement may be needed between the supplier and the user (see annex B).

4.4.2 Electromagnetic compatibility (EMC)

The equipment shall not generate electromagnetic disturbances above levels that are appropriate for its intended places of use. In addition, the equipment shall have an adequate level of immunity to electromagnetic disturbances so that it can operate correctly in its intended environment.

NOTES

1 European standards EN 50081 and EN 50082-2 give general EMC emission and immunity limits. Those requirements are also under consideration by IEC TC 77 and CISPR.

2 Product standards (e.g. IEC 60439-1) may give more specific EMC requirements.

Generated disturbances can be limited by:

- suppression at the source by using capacitors, inductors, diodes, Zener diodes, varistors or active devices, or a combination of those components; or
- screening of the equipment in a bonded electrically conductive enclosure to provide segregation from other equipment.

Undesirable effects of electrostatic discharge, radiated electromagnetic energy and mains borne disturbances shall be avoided, for example by the use of appropriate filters and time delays, a choice of certain power levels, and the use of suitable wiring types and practices.

Les mesures pour réduire les effets des perturbations sur l'équipement comprennent:

- des liaisons à un potentiel de référence: chaque circuit est connecté à une borne du plan de masse (châssis) (voir figure 3) lequel est relié à la terre par des conducteurs isolés de section élevée (par exemple minimum de 6 mm² de type classe 6 selon le tableau C.4);
- interconnexion des parties structurelles conductrices de l'équipement: les parties structurelles conductrices sont reliées à un point commun par des conducteurs de section élevée aussi courts que possible. Les parties conductrices reliées aux enveloppes par des contacts glissants ou des charnières sont aussi connectées par des tresses de section élevée (voir aussi 8.3.3 et figure 3);
- la mise en œuvre du câblage: utilisation d'écrans électrostatiques, de blindages électromagnétiques, de fils torsadés et de l'orientation des câbles (c'est-à-dire croisement selon un angle aussi proche que possible de 90°), ou disposition des liaisons parallèlement au plan de masse pour minimiser les perturbations par les câbles de puissance des câbles de commande à bas niveau;
- la séparation des équipements: séparation et/ou blindage des équipements sensibles, par exemple éléments travaillant par impulsions et/ou à bas niveau) des équipements de connexion (tels que les relais électromagnétiques, thyristors etc.), séparation du câblage à bas niveau des câbles de puissance et de commande.

4.4.3 Température ambiante de l'air

L'équipement électrique doit pouvoir fonctionner correctement à la température d'air ambiant prévue. Les prescriptions minimales pour tous les équipements électriques correspondent à un fonctionnement correct pour une température comprise entre +5 °C et +40 °C. Pour des environnements à température très élevée (par exemple climats chauds, aciéries, papeteries) et pour des environnements froids, des prescriptions complémentaires peuvent être nécessaires (voir annexe B).

4.4.4 Humidité

L'équipement électrique doit pouvoir fonctionner correctement en présence d'une humidité relative ne dépassant pas 50 % à une température maximale de +40 °C. Une humidité relative supérieure peut être admise pour des températures plus faibles (par exemple 90 % à 20 °C).

Les effets gênants d'une condensation occasionnelle doivent être évités par une conception appropriée du matériel et/ou, si nécessaire, par des mesures complémentaires appropriées (par exemple chauffage ou conditionnement de l'air incorporé, trous d'évacuation).

4.4.5 Altitude

Les équipements électriques doivent pouvoir fonctionner correctement jusqu'à une altitude de 1 000 m au dessus du niveau moyen de la mer.

4.4.6 Agents de pollution

L'équipement électrique doit être protégé contre les entrées de corps solides ou de liquides (voir 12.3).

Il convient de vérifier l'adéquation de l'équipement électrique si des polluants (par exemple poussières, acides, gaz corrosifs, sels) sont présents dans l'environnement où l'équipement électrique doit être installé (voir annexe B).

4.4.7 Rayonnements ionisants et non ionisants

Dans le cas où l'équipement est soumis à des rayonnements, par exemple micro-ondes, UV, laser, rayons X), des mesures complémentaires doivent être prises pour éviter les mauvais fonctionnements ou la détérioration des isolants. Un accord particulier entre le fournisseur et l'utilisateur peut être nécessaire (voir annexe B).

Measures that can be used to reduce the effects of disturbances on equipment include:

- connections of circuits to a reference potential: each circuit is connected to a terminal on a ground plane (chassis) (see figure 3) that is connected to earth using an insulated conductor of large cross-sectional area (e.g. a minimum area of 6 mm² of type class 6 in accordance with table C.4);
- interconnections of conductive structural parts of the equipment: conductive structural parts are connected to a common point using conductors of large cross-sectional area that are as short as is possible. Conductive parts connected to the equipment enclosure via sliding contacts or hinges are also connected to that enclosure using large section braided conductors (see also 8.3.3 and figure 3);
- wiring practices: using electrostatic screens, electromagnetic shields, twisted conductors, and cable orientation (i.e. crossing cable runs at as near to 90° as is practicable), or running the conductors parallel to and as close as is practicable to the ground plane, to minimize the disturbances from power cables to low level control wiring;
- separation of equipment: separating and/or shielding sensitive equipment (e.g. units working with pulses and/or at low signal levels) from switching equipment (e.g. electromagnetic relays, thyristors); separating low level signal wiring from control and power cables.

4.4.3 *Ambient air temperature*

Electrical equipment shall be capable of operating correctly in the intended ambient air temperature. The minimum requirement for all electrical equipment is correct operation between air temperatures of +5 °C and +40 °C. For very hot environments (e.g. hot climates, steel mills, paper mills) and for cold environments, extra requirements may be necessary (see annex B).

4.4.4 *Humidity*

The electrical equipment shall be capable of operating correctly when the relative humidity does not exceed 50 % at a maximum temperature of +40 °C. Higher relative humidities may be permitted at lower temperatures (e.g. 90 % at 20 °C).

Harmful effects of occasional condensation shall be avoided by proper design of the equipment or, where necessary, by proper additional measures (e.g. built-in heaters, air conditioners, drain holes).

4.4.5 *Altitude*

Electrical equipment shall be capable of operating correctly at altitudes up to 1 000 m above mean sea level.

4.4.6 *Contaminants*

Electrical equipment shall be adequately protected against the ingress of solid bodies and liquids (see 12.3).

Consideration should be given to the suitability of the electrical equipment where contaminants (e.g. dust, acids, corrosive gases, salt) are present in the physical environment in which the electrical equipment is to be installed (see annex B).

4.4.7 *Ionizing and non-ionizing radiation*

When equipment is subject to radiation (e.g. microwave, ultraviolet, lasers, X-rays), additional measures shall be taken to avoid malfunctioning of the equipment and accelerated deterioration of the insulation. A special agreement may be necessary between the supplier and the user (see annex B).

4.4.8 Vibrations, chocs et coups

Les effets indésirables des vibrations, chocs et coups (aussi bien générés par la machine et son appareillage associé que créés par l'environnement physique) doivent être évités par le choix d'un équipement approprié, par son montage loin de la machine, par l'utilisation d'accessoires de montage anti-vibratoires. Un accord particulier entre le fournisseur et l'utilisateur peut être nécessaire (voir annexe B).

4.5 Transport et stockage

L'équipement électrique doit pouvoir, par conception ou grâce à des précautions adéquates, supporter des températures de transport et de stockage comprises entre -25 °C et $+55\text{ °C}$, pouvant atteindre $+70\text{ °C}$ durant de courtes périodes inférieures à 24 h. Des moyens convenables doivent être prévus pour se protéger des dégâts dus à l'humidité, aux vibrations et aux chocs.

NOTE – L'équipement électrique susceptible d'être endommagé pour des températures basses comporte des câbles isolés au PVC.

4.6 Précautions pour la manutention

Les équipements électriques lourds et massifs devant être désolidarisés de la machine pour le transport, ou indépendants de celle-ci, doivent être munis de moyens convenables pour la manutention par grue ou équipement similaire (voir aussi 14.4.6).

4.7 Installation et fonctionnement

L'équipement électrique doit être installé et utilisé conformément aux instructions du fournisseur. Il convient aussi de prendre en compte les principes d'ergonomie.

5 Bornes des conducteurs d'alimentation et appareils de coupure et de sectionnement

5.1 Bornes des conducteurs d'alimentation

Il est recommandé, lorsque cela est possible, que l'équipement électrique d'une machine soit raccordé à une source d'alimentation unique. S'il est nécessaire d'utiliser une autre source d'alimentation pour certaines parties de l'équipement (circuit électronique, embrayage électromagnétique, etc.), il convient que cette alimentation soit autant que possible dérivée d'appareils (tels que les transformateurs, convertisseurs, etc.) faisant partie de l'équipement électrique de la machine. Pour des machines complexes comportant plusieurs machines espacées travaillant ensemble de manière coordonnée, il peut exister plusieurs alimentations, selon les dispositions locales d'alimentation (voir aussi 5.3.1).

A l'exception des cas où la machine est équipée d'une prise de courant pour le raccordement à l'alimentation (voir 5.3.2 d), il est recommandé que les conducteurs de l'alimentation se terminent aux bornes d'entrée du dispositif de sectionnement de l'alimentation. Si cela n'est pas possible, des bornes séparées doivent être prévues.

Si un conducteur neutre est utilisé, cela doit être clairement indiqué dans le dossier technique de la machine, par exemple dans le schéma d'installation et le schéma des circuits, et une borne isolée particulière, marquée N, doit être prévue pour le raccordement du conducteur neutre (voir aussi annexe B).

Il ne doit pas y avoir raccordement entre le neutre et le circuit de protection à l'intérieur de l'équipement électrique, ni usage de conducteur combiné PEN.

Exception: un raccordement peut être effectué entre la borne de neutre et la borne PE au point de raccordement de l'alimentation de la machine pour les systèmes TN-C.

Toutes les bornes pour le raccordement de l'alimentation doivent être clairement identifiées en accord avec la CEI 60445. Pour l'identification de la borne du conducteur de protection externe (PE), voir 5.2.

4.4.8 *Vibration, shock, and bump*

Undesirable effects of vibration, shock and bump (including those generated by the machine and its associated equipment and those created by the physical environment) shall be avoided by the selection of suitable equipment, by mounting it away from the machine, or by the use of antivibration mountings. A special agreement may be necessary between the supplier and the user (see annex B).

4.5 *Transportation and storage*

Electrical equipment shall be designed to withstand, or suitable precautions shall be taken to protect against, the effects of transportation and storage temperatures within a range of $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ to $+55\text{ }^{\circ}\text{C}$ and for short periods not exceeding 24 h at up to $+70\text{ }^{\circ}\text{C}$. Suitable means shall be provided to prevent damage from humidity, vibration, and shock.

NOTE – Electrical equipment susceptible to damage at low temperatures includes PVC insulated cables.

4.6 *Provisions for handling*

Heavy and bulky electrical equipment that has to be removed from the machine for transport, or that is independent of the machine, shall be provided with suitable means for handling by cranes or similar equipment (see also 14.4.6).

4.7 *Installation and operation*

Electrical equipment shall be installed and operated in accordance with the supplier's instructions and ergonomic principles should be taken into account.

5 **Incoming supply conductor terminations and devices for disconnecting and switching off**

5.1 *Incoming supply conductor terminations*

It is recommended that, where practicable, the electrical equipment of a machine should be connected to a single power supply. Where it is necessary to use another supply for certain parts of the equipment (e.g. electronic circuits, electromagnetic clutches), that supply should be derived, as far as is possible, from devices (e.g. transformers, converters) forming part of the electrical equipment of the machine. For large complex machinery comprising a number of widely-spaced machines working together in a co-ordinated manner, there may be a need for more than one incoming supply depending upon the site supply arrangements (see 5.3.1).

Unless a plug is provided with the machine for the connection to the supply (see 5.3.2 d), it is recommended that the supply conductors are terminated at the supply disconnecting device. When that is not practicable, separate terminations shall be provided.

Where a neutral conductor is used it shall be clearly indicated in the technical documentation of the machine, such as in the installation diagram and in the circuit diagram, and a separate insulated terminal, labelled N, shall be provided for the neutral conductor (see also annex B).

There shall be no connection between the neutral conductor and the protective bonding circuit inside the electrical equipment nor shall a combined PEN terminal be used.

Exception: a connection may be made between the neutral terminal and the PE terminal at the point of the connection of the power supply to the machine for TN-C systems.

All terminals for the incoming supply connection shall be clearly identified in accordance with IEC 60445. For the identification of the external protective conductor terminal, see 5.2.

5.2 Borne du conducteur de protection externe

Pour chaque source d'alimentation, une borne pour brancher le conducteur de protection externe doit être prévue à proximité des bornes des conducteurs de phase associées (voir 8.2.1) pour le raccordement de la machine à l'installation externe de protection ou au conducteur externe de protection, selon le type d'alimentation et conformément aux normes appropriées.

La borne doit être d'une taille suffisante pour permettre le raccordement d'un conducteur de protection externe en cuivre de section conforme au tableau 1.

Tableau 1 – Section minimale du conducteur de protection externe en cuivre

Section des conducteurs de phase de l'installation $S \text{ mm}^2$	Section minimale du conducteur de protection externe $S_p \text{ mm}^2$
$S \leq 16$	S
$16 < S \leq 35$	16
$S > 35$	$S/2$

Si le conducteur n'est pas en cuivre, la taille de la borne doit être choisie en conséquence (voir aussi 8.2.2).

Pour chaque entrée d'alimentation, la borne du conducteur du circuit de protection externe doit être identifiée par un marquage avec les lettres PE (voir la CEI 60445), de façon à éviter toute confusion au(x) point(s) de raccordement entre la machine et l'installation fixe.

Les autres bornes utilisées pour le raccordement des composants ou sous-ensembles de la machine au circuit de protection de la machine doivent être désignées soit par le symbole 60417-2-IEC-5019



soit par les lettres PE, le symbole graphique étant préféré ou par la combinaison bicolore VERT-et-JAUNE.

5.3 Dispositif de sectionnement de l'alimentation

5.3.1 Généralités

Un dispositif de sectionnement de l'alimentation doit être fourni:

- pour chaque source d'alimentation d'une machine;
- pour l'alimentation d'un système comportant des collecteurs bobinés, des barres, des assemblages glissants, des systèmes de câbles souples (sur tourets, en guirlandes), d'une ou plusieurs machines;
- pour chaque alimentation embarquée.

Ce dispositif doit sectionner (séparer) sur demande l'équipement électrique de la machine du réseau d'alimentation (par exemple pour une intervention sur la machine, y compris sur l'équipement électrique).

S'il y a deux ou plusieurs dispositifs de sectionnement, des verrouillages de protection pour leur fonctionnement correct doivent être utilisés dans les cas où une condition dangereuse ou un dommage à la machine ou aux travaux en cours peut se produire.

5.2 Terminal for connection to the external protective earthing system

For each incoming supply, a terminal shall be provided in the vicinity of the associated phase conductor terminals (see 8.2.1) for connection of the machine to the external protective earthing system or to the external protective conductor, depending upon the supply distribution system, and in accordance with the relevant installation standards.

The terminal shall be of such a size as to enable the connection of an external protective copper conductor with a cross-sectional area in accordance with table 1.

Table 1 – Minimum cross-sectional area of the external protective copper conductor

Cross-sectional area of phase conductors supplying the equipment $S \text{ mm}^2$	Minimum cross-sectional area of the external protective copper conductor $S_p \text{ mm}^2$
$S \leq 16$	S
$16 < S \leq 35$	16
$S > 35$	$S/2$

Where an external protective conductor of a material other than copper is used, the terminal size shall be selected accordingly (see also 8.2.2).

At each incoming supply point, the terminal for the external protective conductor shall be identified by marking with the letters PE (see IEC 60445), in order to avoid confusion at the point(s) of connection between machine and fixed installation.

The other terminals used for the connection of machine components or subassemblies to the protective bonding circuit of the machine shall be identified either by the graphic symbol 60417-2-IEC-5019:



or with the letters PE, the graphical symbol being preferred, or by use of the bicolour combination GREEN-AND-YELLOW.

5.3 Supply disconnecting (isolating) device

5.3.1 General

A supply disconnecting device shall be provided:

- for each incoming source of supply to a machine;
- for the source of supply to a feeder system using collector wires, collector bars, slip-ring assemblies, flexible cable systems (reeled, festooned), to a machine or a number of machines;
- for each on-board power supply.

The supply disconnecting device shall disconnect (isolate) the electrical equipment of the machine from the supply when required (e.g. for work on the machine, including the electrical equipment).

When two or more supply disconnecting devices are provided, protective interlocks for their correct operation shall be used where a hazardous condition or damage to the machine or to the work in progress can occur.

5.3.2 Type

Le dispositif de sectionnement de l'alimentation doit être l'un des types suivants:

- a) un interrupteur-sectionneur, avec ou sans fusibles, conforme à la CEI 60947-3, de catégorie d'emploi AC-23B ou DC-23B;
- b) un sectionneur avec ou sans fusibles conforme à la CEI 60947-3, équipé d'un contact auxiliaire provoquant dans tous les cas la coupure du circuit de charge par le ou les appareils de connexion avant l'ouverture des contacts principaux du sectionneur;
- c) un disjoncteur apte au sectionnement conformément à la CEI 60947-2;
- d) un ensemble fiche-prise pour une machine dont les caractéristiques assignées ne dépassent pas 16 A pour le courant et 3 kW pour la puissance;
- e) une prise de courant ou un connecteur (voir 3.39) pour un câble souple (par exemple enroulé, groupé) alimentant une machine mobile dans les conditions suivantes:
 - il ne doit pas être possible de raccorder ou de déconnecter en charge une prise de courant ou un connecteur sans pouvoir de coupure pendant les conditions de charge;
 - la prise de courant ou le connecteur doit être raccorder de façon que le côté raccorder à la source présente un degré de protection au moins égal à IP2X ou IPXXB.

Si une prise de courant avec pouvoir de coupure est utilisée, elle doit avoir un pouvoir de coupure au moins égal au courant assigné de la machine alimentée sous la tension assignée (voir aussi 14.4.5). Si la prise de courant combinée est utilisée pour sectionner en surcharge (par exemple rotor bloqué), il convient que ses caractéristiques prennent en compte au moins le courant à rotor bloqué. En outre, la machine doit comporter un dispositif MARCHE-ARRÊT de la machine.

5.3.3 Prescriptions

Quand le dispositif de sectionnement est l'un des trois premiers types définis en 5.3.2 (interrupteur-sectionneur, sectionneur utilisé combiné à des appareils de connexion ou disjoncteur), il doit répondre à toutes les prescriptions suivantes:

- séparer l'équipement électrique de l'alimentation, et ne posséder qu'une position MISE HORS TENSION et une position MISE SOUS TENSION, clairement repérées par «O» et «I» (symboles 60417-2-IEC-5008 et 60417-2-IEC-5007, voir 10.2.2) et avec des directions de manœuvre conformes à la CEI 60447. Les coupe-circuits qui, en outre, ont une position réarmement (déclenché) entre «O» et «I» sont aussi réputés satisfaire cette exigence;
- comporter une ouverture visible ou un indicateur de position qui ne puisse indiquer la position MISE HORS TENSION que si tous les contacts sont effectivement ouverts et séparés par une distance de sectionnement conforme à la CEI 60947-3;
- être équipé d'un organe de manœuvre extérieur (par exemple poignée), (**exception:** un disjoncteur manœuvré par une énergie extérieure n'a pas besoin d'être manœuvré à l'extérieur de l'enveloppe s'il existe d'autres moyens pour l'ouvrir). Les couleurs NOIR ou GRIS sont recommandées pour la poignée (**exception:** voir 10.7.4).
- pouvoir être verrouillé en position MISE HORS TENSION (par exemple à l'aide de cadenas). Lorsqu'il est ainsi verrouillé, une fermeture à distance ou locale doit être empêchée;
- couper tous les conducteurs actifs de son alimentation. Cependant, dans le schéma TN, le conducteur neutre peut être sectionné ou non. Noter que dans certains pays, la coupure du neutre (s'il est utilisé) est obligatoire;
- avoir un pouvoir de coupure suffisant pour interrompre le courant du moteur le plus puissant rotor lorsqu'il est bloqué et la somme des courants en marche normale de tous les autres moteurs et/ou charges. Le pouvoir de coupure calculé peut être réduit en utilisant un facteur de diversité reconnu.

5.3.2 Type

The supply disconnecting device shall be one of the following types:

- a) a switch-disconnector, with or without fuses, in accordance with IEC 60947-3, utilization category AC-23B or DC-23B;
- b) a disconnector, with or without fuses, in accordance with IEC 60947-3, that has an auxiliary contact that in all cases causes switching devices to break the load circuit before the opening of the main contacts of the disconnector;
- c) a circuit-breaker suitable for isolation in accordance with IEC 60947-2;
- d) a plug/socket combination for a machine with a rated current not exceeding 16 A and a total power rating not exceeding 3 kW;
- e) a plug and socket-outlet or an appliance coupler (see 3.39) for a flexible cable supply (e.g. reeled, festooned) to a mobile machine under the following conditions:
 - it shall not be possible to connect or disconnect a plug and socket-outlet or an appliance coupler, without breaking capacity, during load conditions;
 - the plug and socket-outlet or the appliance coupler shall be so connected that the part connected to the incoming supply is that which is protected to at least IP2X or IPXXB.

Where a plug/socket combination with breaking capacity is used, it shall have a breaking capacity of at least the rated current of the machine at rated voltage (see also 14.4.5). Where a plug/socket combination is used for disconnection under overload (e.g. locked rotor), the rating should be at least locked rotor current. In addition, the electrical equipment shall have a device for switching the machine on and off.

5.3.3 Requirements

When the supply disconnecting device is one of the first three types specified in 5.3.2 (i.e. a switch-disconnector, a disconnector used in combination with switching devices, or a circuit-breaker), it shall fulfil all of the following requirements:

- isolate the electrical equipment from the supply and have one OFF (isolated) and one ON position only, clearly marked with "O" and "I" (symbols 60417-2-IEC-5008 and 60417-2-IEC-5007, see 10.2.2), with the actuating directions in accordance with IEC 60447. Circuit-breakers that, in addition, have a reset (tripped) position between "O" and "I" are also deemed to satisfy this requirement;
- have a visible gap or a position indicator which cannot indicate OFF (isolated) until all contacts are actually open and there is an adequate isolating distance between all the contacts in accordance with IEC 60947-3;
- have an external operating means (e.g. handle), (**exception:** power-operated switchgear need not be operable from outside the enclosure where there are other means to open it). The handle should be BLACK or GREY (**exception:** see 10.7.4);
- be provided with a means permitting it to be locked in the OFF (isolated) position (e.g. by padlocks). When so locked, remote as well as local closing shall be prevented;
- disconnect all live conductors of its power supply circuit. However, for TN supply systems, the neutral conductor may or may not be disconnected. It is noted that in some countries, disconnection of the neutral conductor (when used) is compulsory;
- have a breaking capacity sufficient to interrupt the current of the largest motor when stalled together with the sum of the normal running currents of all other motors and/or loads. The calculated breaking capacity may be reduced by the use of a proven diversity factor.

5.3.4 *Poignée de commande*

La poignée du dispositif de sectionnement doit être facile à atteindre et située entre 0,6 m et 1,9 m au-dessus du plancher de service. La valeur préférentielle pour la hauteur maximale est de 1,7 m.

5.3.5 *Circuits exclus*

Les circuits suivants peuvent ne pas être coupés par le dispositif de sectionnement de l'alimentation:

- les circuits d'éclairage alimentant des lampes utilisées pendant les travaux d'entretien et de réparation;
- les circuits d'alimentation de prises de courant utilisées exclusivement pour l'alimentation des outils de réparation et d'entretien (par exemple perceuses à main, matériel d'essai);
- les circuits de protection à minimum de tension utilisés uniquement pour les déclenchements automatiques lors d'une défaillance de l'alimentation;
- les circuits alimentant l'équipement qu'il est recommandé de laisser sous tension pour un fonctionnement correct (par exemple appareils de mesure commandés par la température, appareils de chauffage de produits (ou d'en-cours) et appareils de stockage de programme;
- les circuits de commande de verrouillage.

Il est cependant recommandé d'équiper ces circuits avec leur propre dispositif de sectionnement.

Lorsque de tels circuits ne sont pas coupés par le dispositif de sectionnement de l'alimentation, il faut:

- disposer une ou plusieurs inscriptions d'avertissement permanentes à proximité du sectionneur;
- ajouter une mention correspondante dans le manuel d'entretien;
- disposer une inscription d'avertissement permanente à proximité des circuits exclus, ou les circuits exclus doivent être séparés des autres circuits ou, dans le cas de circuits de commande de verrouillage, doivent être identifiés par la couleur conformément à 14.2.4.

5.4 *Appareils de coupure pour éviter un redémarrage intempestif*

Des appareils de coupure pour éviter un redémarrage intempestif doivent être prévus (par exemple quand au cours des opérations de maintenance, la mise en marche de la machine peut créer un phénomène dangereux). Les dispositifs décrits en 5.3.2 peuvent remplir cette fonction. Des sectionneurs, fusibles débrochables et liaisons démontables peuvent aussi être utilisés dans ce but, mais seulement lorsqu'ils sont situés dans des zones fermées de service électrique (voir 3.17).

De tels dispositifs doivent être adaptés à l'usage que l'on veut en faire, placés de manière adéquate et facilement identifiables (par exemple par un marquage durable si nécessaire).

Des moyens doivent être fournis pour éviter la fermeture non autorisée, par inadvertance et/ou par erreur du dispositif de sectionnement (voir aussi 5.6).

Lorsqu'on utilise des moyens autres que le dispositif de sectionnement de l'alimentation conforme à 5.3.2 (par exemple utilisation du circuit de commande pour ouvrir un contacteur), ces moyens de sectionnement ne sont prévus que pour des situations qui comprennent:

- aucun démontage significatif de la machine;
- des réglages nécessitant relativement peu de temps;
- pas de travaux entrepris sur l'équipement électrique, sauf:
 - s'il n'y a pas de danger lié aux chocs électriques (voir article 6) ou brûlures;
 - si la commande de coupure ne peut pas être annulée par le travail;
 - si le travail est de nature mineure (par exemple remplacement d'appareils embrochables sans perturber le câblage existant).

NOTE – Cette norme ne donne pas de règles pour l'interruption des alimentations d'énergie non électrique, lesquelles sont à l'étude.

5.3.4 *Operating handle*

The handle of the supply disconnecting device shall be easily accessible and located between 0,6 m and 1,9 m above the servicing level. An upper limit of 1,7 m is recommended.

5.3.5 *Excepted circuits*

The following circuits need not be disconnected by the supply disconnecting device:

- lighting circuits for lighting needed during maintenance or repair;
- plug and socket outlets for the exclusive connection of repair or maintenance tools and equipment (e.g. hand drills, test equipment);
- undervoltage protection circuits that are only used for automatic tripping in the event of supply failure;
- circuits supplying equipment that should normally remain energized for satisfactory operation (e.g. temperature controlled measuring devices, product (work in progress) heaters, program storage devices);
- control circuits for interlocking.

It is recommended, however, that such circuits be provided with their own disconnecting device.

Where such a circuit is not disconnected by the supply disconnecting device:

- permanent warning label(s) shall be appropriately placed in proximity to the supply disconnecting device;
- a corresponding statement shall be included in the maintenance manual;
- a permanent warning label shall be placed in proximity to each excepted circuit or the excepted circuit shall be separated from other circuits or, in the case of control circuits for interlocking, identified by colour according to 14.2.4.

5.4 *Devices for switching off for prevention of unexpected start-up*

Devices for switching off for the prevention of unexpected start-up shall be provided (e.g. where, during maintenance, a start-up of the machine can create a hazard). Devices described in 5.3.2 may fulfil that function. Disconnectors, withdrawable fuse links or withdrawable links may also be used for that purpose, but only when located in an enclosed electrical operating area (see 3.17).

Such devices shall be appropriate and convenient for the intended use, shall be suitably placed, and readily identifiable (e.g. by a durable marking where necessary).

Means shall be provided to prevent inadvertent, and/or mistaken closure of the disconnecting device (see also 5.6).

When means other than supply disconnecting devices in accordance with 5.3.2 are used (e.g. a contactor switched off by a control circuit), such means for switching off are intended to be employed only for situations that include:

- no significant dismantling of the machine;
- adjustments requiring a relatively short time;
- no work carried out on the electrical equipment except when:
 - there is no hazard arising from electric shock (see clause 6) and burn;
 - the switching off means cannot be negated by the work;
 - the work is of a minor nature (e.g. replacement of plug-in devices without disturbing existing wiring).

NOTE – This standard does not address provisions for switching off non-electrical power supplies, which are under consideration.

5.5 Dispositifs de sectionnement pour l'équipement électrique

Des dispositifs doivent être fournis pour le sectionnement (isolement) de l'équipement électrique afin de rendre possible des interventions sans risque de choc et brûlure électriques.

Le dispositif de sectionnement de l'alimentation (voir 5.3) peut, parfois, remplir cette fonction. Cependant, lorsqu'il est nécessaire d'intervenir sur des parties individuelles de l'équipement électrique d'une machine, ou sur une machine parmi plusieurs alimentées par une barre ou un collecteur bobiné commun, un dispositif de sectionnement doit être prévu pour chaque partie nécessitant un sectionnement séparé. Des dispositifs décrits en 5.3.2 peuvent remplir cette fonction. Des sectionneurs, des fusibles embrochables ou des liaisons démontables peuvent être utilisés dans ce but, mais seulement lorsqu'ils sont situés dans une zone fermée de service électrique. De tels dispositifs doivent être:

- appropriés à l'usage prévu;
- correctement placés;
- aisément identifiables quant à la partie ou le ou les circuits de l'équipement concernés (par exemple par marquage durable si nécessaire);
- pourvus de moyens appropriés pour éviter la fermeture non autorisée, par inadvertance et/ou par erreur des dispositifs de sectionnement (excepté ce qui est autorisé en 5.6).

5.6 Protection contre une fermeture non autorisée, par inadvertance et/ou par erreur

Les dispositifs décrits en 5.4 et 5.5 aptes à recevoir des moyens pour les verrouiller en position MISE HORS TENSION ou à l'état sectionné (par exemple par cadenas), afin d'assurer une protection contre une fermeture non autorisée, par inadvertance et/ou par erreur, doivent être fournis avec ces moyens de verrouillage. D'autres moyens de protection contre une refermeture (par exemple signaux d'avertissement) peuvent être utilisés lorsqu'un dispositif de sectionnement non verrouillable (par exemple fusibles embrochables, liaisons démontables) est situé dans une zone fermée de service électrique.

Cependant, lorsqu'un ensemble prise-fiche utilisé conformément à 5.3.2 d) ou e) est situé de manière à pouvoir être sous la surveillance directe de l'opérateur, la fourniture de moyens de verrouillage en position MISE HORS TENSION n'est pas obligatoire.

6 Protection contre les chocs électriques

6.1 Généralités

L'équipement électrique doit assurer la protection des personnes contre les chocs électriques résultant:

- de contacts directs;
- de contacts indirects.

Les dispositions recommandées pour cette protection sont données en 6.2, 6.3 et 6.4, déduits de la CEI 60364-4-41. Si ces dispositions recommandées ne sont pas applicables, d'autres dispositions de la CEI 60364-4-41 peuvent être utilisées.

6.2 Protection contre les contacts directs

6.2.1 Généralités

Pour chaque circuit ou partie de l'équipement électrique, les mesures définies soit en 6.2.2, soit en 6.2.3, et, s'il s'applique, en 6.2.4 doivent être appliquées. Lorsque ces mesures ne sont pas applicables, d'autres mesures pour la protection contre les contacts directs (par exemple par mise hors de portée, par utilisation de barrières ou d'obstacles, par des techniques de construction ou d'installation empêchant l'accès) telles que décrites dans la CEI 60364-4 et peuvent être appliquées (voir 6.2.5 et 6.2.6).

5.5 *Devices for disconnecting electrical equipment*

Devices shall be provided for disconnecting (isolating) electrical equipment to enable work to be carried out without a risk from electric shock or burn.

The supply disconnecting device (see 5.3) may, in some cases, fulfil that function. However, where it is necessary to work on individual parts of the electrical equipment of a machine, or on one of a number of machines fed by a common collector bar or collector wire system, a disconnecting device shall be provided for each part, or for each machine, requiring separate isolation. Devices described in 5.3.2 may fulfil that function. Disconnectors, withdrawable fuse links or withdrawable links may also be used for that purpose, but only when located in an enclosed electrical operating area. Such disconnecting devices shall be:

- appropriate and convenient for the intended use;
- suitably located;
- readily identifiable as to which part or circuit(s) of the equipment is served (e.g. by durable marking where necessary);
- provided with adequate means to prevent unauthorized, inadvertent, and/or mistaken closure of the disconnecting devices (except as allowed in 5.6).

5.6 *Protection against unauthorized, inadvertent and/or mistaken connection*

The devices described in 5.4 and 5.5 that are capable of being equipped with means to lock them in the OFF position or disconnected state (e.g. by padlocks), in order to achieve protection against unauthorized, inadvertent, and/or mistaken connection, shall be equipped with such means. Other means of protection against connection (e.g. warning labels) may be used where a non-lockable disconnecting device (e.g. withdrawable fuse-links, withdrawable links) is located in an enclosed electrical operating area.

However, when a plug/socket combination used according to 5.3.2 d) or e) is so positioned that it can be under the immediate supervision of the person carrying out the work, means for locking in the OFF position need not be provided.

6 Protection against electric shock

6.1 *General*

The electrical equipment shall provide protection of persons against electric shock from:

- direct contact;
- indirect contact.

The recommended measures for this protection are given in 6.2, 6.3, and 6.4, which are derived from IEC 60364-4-41. Where those recommended measures are not practicable, other measures from IEC 60364-4-41 may be used.

6.2 *Protection against direct contact*

6.2.1 *General*

For each circuit or part of the electrical equipment, the measures of either 6.2.2 or 6.2.3 and, where applicable, 6.2.4 shall be applied. Where those measures are not practicable, other measures for protection against direct contact (e.g. by using barriers, by placing out of reach, using obstacles, using construction or installation techniques that prevent access) as defined in IEC 60364-4 may be applied (see 6.2.5 and 6.2.6).

Si l'équipement est situé dans des emplacements ouverts à toute personne, y compris des personnes handicapées et des enfants, les dispositions de 6.2.3, ou de 6.2.2 avec un degré minimal de protection contre les contacts directs de IP4X ou IPXXD (voir la CEI 60529) doivent être appliquées.

6.2.2 Protection au moyen d'enveloppes

Les parties actives doivent être placées à l'intérieur d'enveloppes conformes aux spécifications des articles 4, 12 et 15 (voir aussi la CEI 60536) et fournir un degré de protection minimal contre les contacts directs de IP2X ou IPXXB (voir la CEI 60529).

Lorsque que le dessus de l'enveloppe est facilement accessible, son degré minimal de protection contre les contacts directs doit être IP4X ou IPXXD.

L'ouverture d'une enveloppe (c'est-à-dire ouverture des portes, couvercles, plaques de fermeture, et équivalent) ne doit être possible qu'à une des conditions suivantes:

- a) Obligation d'utiliser une clé ou un outil pour l'accès par des personnes qualifiées ou averties. Pour les zones fermées de service électrique, des prescriptions spéciales peuvent s'appliquer (voir la CEI 60364-4-41, la CEI 60364-4-47, ou la CEI 60439-1 selon les cas).

Les parties actives situées à l'intérieur des portes doivent avoir un degré minimal de protection contre les contacts directs de IP1X ou IPXXA. Les parties actives qui sont susceptibles d'être touchées lorsqu'on réarme ou ajuste des dispositifs prévus pour que ces actions se fassent alors que l'équipement est encore sous tension doivent avoir un degré minimal de protection contre les contacts directs de IP2X ou IPXXB.

- b) Sectionnement de toutes les parties actives situées à l'intérieur de l'enveloppe avant qu'elle ne puisse être ouverte.

Cette mesure peut être réalisée par l'inter-verrouillage de la porte avec un sectionneur (par exemple le dispositif de sectionnement de l'alimentation) de telle façon que la porte ne puisse être ouverte que lorsque le sectionneur est ouvert, et que le sectionneur ne puisse être fermé que lorsque la porte est fermée. Cependant, un dispositif spécial, ou un outil, correspondant aux prescriptions du fournisseur, peut permettre aux personnes qualifiées de neutraliser le verrouillage, à condition:

- qu'on puisse toujours ouvrir le sectionneur quand le verrouillage est neutralisé;
- que le verrouillage soit automatiquement remis en service à la fermeture de la porte.

Quand l'accès aux parties actives peut avoir lieu par plus d'une porte, il convient de prendre soin à réaliser les objectifs de ce paragraphe.

Toutes les parties qui restent actives après l'ouverture du ou des dispositifs de sectionnement doivent être protégées contre les contacts directs avec un degré minimal de protection d'IP2X ou IPXXB (voir la CEI 60529). Les parties ainsi protégées doivent porter un signal d'avertissement conforme à 17.2 (voir aussi 14.2.4 pour l'identification des conducteurs par la couleur).

Font exception à cette prescription pour le marquage:

- les parties ne pouvant être actives que par une liaison aux circuits de verrouillage et identifiées par la couleur comme potentiellement actives conformément à 14.2.4;
- les bornes d'alimentation du dispositif de sectionnement lorsque ce dernier est monté seul dans une enveloppe séparée.

- c) L'ouverture sans l'utilisation d'une clé ou d'un outil et sans le sectionnement des parties actives ne doit être possible que lorsque toutes les parties actives procurent un degré de protection minimal contre les contacts directs IP2X ou IPXXB (voir la CEI 60529). Les barrières assurant cette protection doivent soit nécessiter l'utilisation d'un outil pour leur démontage, soit entraîner automatiquement le sectionnement de toutes les parties actives qu'elles protègent lors de leur suppression.

When the equipment is located in places open to all persons, which can include handicapped persons and children, measures of either 6.2.3, or 6.2.2 with a minimum degree of protection against direct contact corresponding to IP4X or IPXXD (see IEC 60529), shall be applied.

6.2.2 *Protection by enclosures*

Live parts shall be located inside enclosures that conform to the relevant requirements of clauses 4, 12, and 15 (see also IEC 60536) and that provide protection against direct contact of at least IP2X or IPXXB (see IEC 60529).

Where the top surfaces of the enclosure are readily accessible, the minimum degree of protection against direct contact provided by the top surfaces shall be IP4X or IPXXD.

Opening an enclosure (i.e. opening doors, lids, covers, and the like) shall be possible only under one of the following conditions:

- a) The use of a key or tool is necessary for access by skilled or instructed persons. For enclosed electrical operating areas, special requirements may apply (see IEC 60364-4-41, IEC 60364-4-47 or IEC 60439-1 as appropriate).

Live parts on the inside of doors shall be protected against direct contact to at least IP1X or IPXXA. Live parts, that are likely to be touched when resetting or adjusting devices intended for such operations while the equipment is still connected, shall be protected against direct contact to at least IP2X or IPXXB.

- b) The disconnection of live parts inside the enclosure before the enclosure may be opened.

This may be accomplished by interlocking the door with a disconnecting device (e.g. the supply disconnecting device) so that the door can only be opened when the disconnecting device is open and so that the disconnecting device can only be closed when the door is closed. However, a special device or tool as prescribed by the supplier may permit skilled persons to defeat the interlock provided that:

- it is possible at all times while the interlock is defeated to open the disconnecting device;
- upon closing the door the interlock is automatically restored.

Where more than one door can provide access to live parts, care should be taken to implement the intent of this subclause.

All parts that are still live after switching off the disconnecting device(s) shall be protected against direct contact to at least IP2X or IPXXB (see IEC 60529). Such parts shall be marked with a warning sign in accordance with 17.2 (see also 14.2.4 for identification of conductors by colour).

Excepted from this requirement for marking are:

- parts that can be live only because of connection to interlocking circuits and that are distinguished by colour as potentially live in accordance with 14.2.4;
- the supply terminals of the supply disconnecting device when the latter is mounted alone in a separate enclosure.

- c) Opening without the use of a key or a tool and without disconnection of live parts shall be possible only when all live parts are protected against direct contact to at least IP2X or IPXXB (see IEC 60529). Where barriers provide this protection, either they shall require a tool for their removal or all live parts protected by them shall be automatically disconnected when the barrier is removed.

6.2.3 Protection par isolation des parties actives

Les parties actives doivent être complètement recouvertes d'une isolation qui ne peut être enlevée que par destruction. Cette isolation doit présenter une résistance aux efforts mécaniques, chimiques, électriques et thermiques auxquels elle peut être soumise dans les conditions de service normal.

Les peintures, vernis, laques et produits similaires utilisés seuls ne sont en général pas considérés comme pouvant assurer une protection contre les chocs électriques dans les conditions de service normal.

6.2.4 Protection contre les tensions résiduelles

Toute charge résiduelle supérieure à 60 V des parties actives doit être déchargée jusqu'à 60 V en moins de 5 s après la coupure de l'alimentation, sous réserve que ce taux de décharge ne perturbe pas le bon fonctionnement de l'équipement. Cette prescription ne s'applique pas aux composants de capacité 60 μ C, ou moins. Si le taux de décharge spécifié devait perturber le bon fonctionnement de l'équipement, une plaque d'avertissement durable attirant l'attention sur le danger, et indiquant le délai à respecter avant d'essayer de pouvoir ouvrir l'enveloppe, doit être placée dans un endroit facilement visible ou immédiatement proche de l'enveloppe contenant les capacités.

Dans le cas de prises ou d'appareils similaires dont le retrait se traduit par l'exposition de parties conductrices (par exemple de broches), le temps de décharge ne doit pas dépasser 1 s, sinon ces parties conductrices doivent comporter une protection minimale contre les contacts directs IP2X ou IPXXB. Si ni un temps de décharge de 1 s, ni un degré de protection d'au moins IP2X ou IPXXB ne peut être obtenu (par exemple dans le cas de dispositifs à collecteurs mobiles, de barres ou d'assemblages glissants, voir 13.8.4), des dispositifs de sectionnement complémentaires de coupure ou un avertissement approprié doivent être mis en œuvre.

6.2.5 Protection par barrières

Pour la protection par barrières, voir 412.2 de la CEI 60364-4-41.

6.2.6 Protection par mise hors de portée ou protection par mise en place d'obstacles

Pour la protection par mise hors de portée, voir 412.4 de la CEI 60364-4-41. Pour la protection par obstacles, voir 412.3 de la CEI 60364-4-41.

Pour les systèmes à collecteurs ou à barres dont le degré de protection est inférieur à IP2X, voir 13.8.1.

6.3 Protection contre les contacts indirects

6.3.1 Généralités

La protection contre les contacts indirects (3.27) est destinée à protéger les personnes contre les conditions dangereuses pouvant résulter d'une défaillance d'isolement entre les parties actives et la masse.

Pour chaque circuit ou partie de l'équipement électrique, au moins une des mesures définies en 6.3.2 à 6.3.3 doit être appliquée.

La protection contre les contacts indirects peut être réalisée par:

- des mesures pour empêcher l'apparition de tension de contact dangereuse; ou
- la coupure automatique de l'alimentation avant que le temps de coupure avec une tension de contact ne devienne dangereux.

6.2.3 *Protection by insulation of live parts*

Live parts protected by insulation shall be completely covered with insulation that can only be removed by destruction. Such insulation shall be capable of withstanding the mechanical, chemical, electrical, and thermal stresses to which it can be subjected under normal service conditions.

Paints, varnishes, lacquers, and similar products alone are generally considered to be inadequate for protection against electric shock under normal service conditions.

6.2.4 *Protection against residual voltages*

Live parts having a residual voltage greater than 60 V after the supply has been disconnected shall be discharged to 60 V or less within a time period of 5 s after disconnection of the supply voltage provided that this rate of discharge does not interfere with the proper functioning of the equipment. Exempted from this requirement are components having a stored charge of 60 μC or less. Where this specified rate of discharge would interfere with the proper functioning of the equipment, a durable warning notice drawing attention to the hazard and stating the delay required before the enclosure may be opened shall be displayed at an easily visible location on or immediately adjacent to the enclosure containing the capacitances.

In the case of plugs or similar devices, the withdrawal of which results in the exposure of conductors (e.g. pins), the discharge time shall not exceed 1 s, otherwise such conductors shall be protected against direct contact to at least IP2X or IPXXB. If neither a discharge time of 1 s nor a protection of at least IP2X or IPXXB can be achieved (e.g. in the case of removable collectors on collector wires, collector bars, or slip-ring assemblies, see 13.8.4), additional disconnecting devices or an appropriate warning device shall be applied.

6.2.5 *Protection by barriers*

For protection by barriers, see 412.2 of IEC 60364-4-41.

6.2.6 *Protection by placing out of reach or protection by obstacles*

For protection by placing out of reach see 412.4 of IEC 60364-4-41. For protection by obstacles see 412.3 of IEC 60364-4-41.

For collector wire systems or collector bar systems with a degree of protection less than IP2X see 13.8.1.

6.3 *Protection against indirect contact*

6.3.1 *General*

Protection against indirect contact (3.27) is intended to prevent hazardous conditions in the event of an insulation failure between live parts and exposed conductive parts.

For each circuit or part of the electrical equipment, at least one of the measures in accordance with 6.3.2 to 6.3.3 shall be applied.

Protection against indirect contact can be achieved by:

- measures to prevent the occurrence of a hazardous touch voltage; or
- automatic disconnection of the supply before the time of contact with a touch voltage can become hazardous.

Ces mesures nécessitent une coordination entre:

- le type d'alimentation et les mises à la terre;
- les valeurs d'impédance des divers composants du réseau de protection;
- les caractéristiques des dispositifs de protection utilisés pour la détection des défaillances d'isolement.

NOTE – Pour les classes de matériels et les spécifications de protection, voir la CEI 60536.

6.3.2 Mesures pour empêcher l'apparition d'une tension de contact dangereuse

6.3.2.1 Généralités

Les mesures pour empêcher l'apparition d'une tension de contact dangereuse comprennent les mesures suivantes:

- utilisation de matériels de classe II ou d'isolation équivalente;
- séparation électrique;
- choix ou conception du système d'alimentation.

6.3.2.2 Protection par l'emploi de matériels de classe II ou par isolation équivalente

Cette mesure est destinée à empêcher la présence de tensions de contact dangereuses sur les masses en cas de défaillance de l'isolation principale.

Cette mesure de protection est obtenue par une ou plusieurs des mesures suivantes:

- emploi de matériels ou appareils électriques de classe II (double isolation, isolation renforcée ou équivalente suivant CEI 60536);
- emploi d'ensemble d'appareillage de connexion et de commande possédant une isolation totale conforme à la CEI 60439-1;
- utilisation d'une isolation supplémentaire ou renforcée selon 413.2 de la CEI 60364-4-41.

6.3.2.3 Protection par séparation électrique

La séparation électrique d'un circuit individuel est destinée à éviter des tensions de contact dangereuses pouvant résulter d'un contact avec des masses susceptibles d'être mises sous tension en cas de défaillance de l'isolation de base des parties actives de ce circuit.

Pour ce type de protection, les prescriptions de 413.5 de la CEI 60364-4-41 sont applicables.

6.3.2.4 Conception du système d'alimentation

Cette protection est assurée par l'utilisation d'une alimentation conçue avec le neutre soit isolé de la terre soit présentant une impédance élevée par rapport à la terre, de manière qu'un défaut n'engendre pas de tension de contact dangereuse.

6.3.3 Protection par coupure automatique de l'alimentation

La coupure automatique de l'alimentation après l'apparition d'une défaillance de l'isolation est destinée à empêcher une condition dangereuse due à une tension de contact.

These measures necessitate co-ordination between:

- the type of supply and earthing system;
- the impedance values of the different elements of the protective bonding system;
- the characteristics of the protective devices used to detect insulation failure.

NOTE – For classes of equipment and protective provisions see IEC 60536.

6.3.2 *Measures to prevent the occurrence of a hazardous touch voltage*

6.3.2.1 *General*

Measures to prevent the occurrence of a hazardous touch voltage include the following:

- use of class II equipment or by equivalent insulation;
- electrical separation;
- selection or design of the supply system.

6.3.2.2 *Protection by use of class II equipment or by equivalent insulation*

This measure is intended to prevent the occurrence of hazardous touch voltages on the accessible parts through a failure in the basic insulation.

This protection is provided by one or more of the following means:

- use of class II electrical devices or apparatus (double insulation, reinforced insulation or by equivalent insulation in accordance with IEC 60536);
- use of switchgear and controlgear assemblies having total insulation in accordance with IEC 60439-1;
- application of supplementary or reinforced insulation in accordance with 413.2 of IEC 60364-4-41.

6.3.2.3 *Protection by electrical separation*

Electrical separation of an individual circuit is intended to prevent a hazardous touch voltage through contact with exposed conductive parts that can be energized by a failure in the basic insulation of the live parts of that circuit.

For this type of protection, the requirements of 413.5 of IEC 60364-4-41 apply.

6.3.2.4 *Supply system design*

This protection is provided by the use of a supply system designed with its neutral point either insulated from or having a high impedance to earth so that an earth fault will not result in a hazardous touch voltage.

6.3.3 *Protection by automatic disconnection of supply*

Automatic disconnection of the supply of any circuit affected by the occurrence of an insulation failure is intended to prevent a hazardous condition resulting from a touch voltage.

Cette mesure de protection comprend à la fois:

- le raccordement des masses au circuit de protection (voir article 8);
 - a) soit l'utilisation de dispositifs de protection pour la coupure automatique de l'alimentation dans le cas de défaut d'isolation en schéma TN ou TT;
 - b) soit l'utilisation d'un contrôleur permanent d'isolement ou de différentiels pour la coupure automatique en schéma IT. Si un contrôleur permanent d'isolement est utilisé, il est admis que le premier défaut n'actionne qu'une alarme au lieu de la coupure automatique.

Pour cette protection, les prescriptions de 413.1 de la CEI 60364-4-41 doivent s'appliquer.

6.4 Protection par l'utilisation de la TBTP

6.4.1 Prescriptions générales

L'utilisation de la TBTP (très basse tension de protection, désignée de façon internationale PELV: protective extra-low voltage) a pour but de protéger les personnes contre les chocs électriques en cas de contact indirect et de contact direct dans une zone limitée.

Les circuits TBTP doivent satisfaire aux conditions suivantes:

- a) la tension nominale ne doit pas dépasser:
 - 25 V valeur efficace en courant alternatif ou 60 V en courant continu lisse si l'équipement est normalement utilisé dans des locaux secs et si de larges zones de parties actives ne sont pas susceptibles d'entrer en contact avec le corps humain; ou
 - 6 V valeur efficace en courant alternatif ou 15 V en courant continu lisse dans tous les autres cas;

NOTE – Lisse est défini conventionnellement pour une tension d'ondulation sinusoïdale comme une composante d'ondulation inférieure à 10 %, valeur efficace.

- b) un côté du circuit ou un point de la source d'alimentation de ce circuit doit être relié au circuit de protection;
- c) les parties actives des circuits TBTP doivent être électriquement séparées des autres circuits actifs. La séparation électrique ne doit pas être inférieure à celle requise entre le circuit primaire et le circuit secondaire d'un transformateur de sécurité (voir la CEI 60742);
- d) les conducteurs de chaque circuit TBTP doivent être physiquement séparés des conducteurs des autres circuits. Si cette prescription ne peut être appliquée, les dispositions d'isolement de 14.1.3 doivent s'appliquer;
- e) les prises de courant combinées pour les circuits TBTP doivent satisfaire aux conditions suivantes:
 - 1) les fiches ne doivent pas pouvoir pénétrer dans les socles des circuits de tensions différentes;
 - 2) les socles ne doivent pas admettre des fiches des circuits de tensions différentes.

6.4.2 Sources pour TBTP

La source pour TBTP doit être l'une des suivantes:

- transformateur de sécurité;
- source de courant assurant un degré de sécurité équivalent à celui d'un transformateur de sécurité (par exemple moteur-générateur avec enroulement présentant une séparation équivalente);
- source électrochimique (par exemple une batterie) ou une autre source indépendante de circuits de tension plus élevée (par exemple un groupe moteur thermique-générateur);
- source d'alimentation électronique conforme à des normes appropriées, dans laquelle des mesures ont été prises pour s'assurer que, même en cas de défaut interne, la tension aux bornes de sortie ne puisse être supérieure aux valeurs prescrites en 6.4.1.

This protective measure comprises both:

- the connection of exposed conductive parts to the protective bonding circuit (see clause 8);
- either:
 - a) the use of protective devices for the automatic disconnection of the supply in the event of an insulation failure in TN or TT systems, or
 - b) the use of earth fault detection or residual current detection to initiate automatic disconnection of IT systems. If earth fault detection is used, it is permissible for the first fault to initiate only an alarm signal instead of automatic disconnection.

For this type of protection, the requirements of 413.1 of IEC 60364-4-41 shall apply.

6.4 Protection by the use of PELV

6.4.1 General requirements

The use of PELV (protective extra-low voltage) is to protect persons against electric shock from indirect contact and limited area direct contact.

PELV circuits shall satisfy all of the following conditions:

- a) the nominal voltage shall not exceed:
 - 25 V a.c. r.m.s. or 60 V ripple-free d.c. when the equipment is normally used in dry locations and when large area contact of live parts with the human body is not expected; or
 - 6 V a.c. r.m.s. or 15 V ripple-free d.c. in all other cases;

NOTE – *Ripple-free* is conventionally defined for a sinusoidal ripple voltage as a ripple content of not more than 10 % r.m.s.

- b) one side of the circuit or one point of the source of the supply of that circuit shall be connected to the protective bonding circuit;
- c) live parts of PELV circuits shall be electrically separated from other live circuits. Electrical separation shall be not less than that required between the primary and secondary circuits of a safety isolating transformer (see IEC 60742);
- d) conductors of each PELV circuit shall be physically separated from those of any other circuit. When this requirement is impracticable, the insulation provisions of 14.1.3 shall apply;
- e) plugs and socket-outlets for a PELV circuit shall conform to the following:
 - 1) plugs shall not be able to enter socket-outlets of other voltage systems;
 - 2) socket-outlets shall not admit plugs of other voltage systems.

6.4.2 Sources for PELV

The source for PELV shall be one of the following:

- a safety isolating transformer;
- a source of current providing a degree of safety equivalent to that of the safety isolating transformer (e.g. a motor generator with winding providing equivalent isolation);
- an electrochemical source (e.g. a battery) or another source independent of a higher voltage circuit (e.g. a diesel-driven generator);
- an electronic power supply conforming to appropriate standards specifying measures to be taken to ensure that, even in the case of an internal fault, the voltage at the outgoing terminals cannot exceed the values specified in 6.4.1.

7 Protection de l'équipement

7.1 Généralités

Cet article détaille les mesures à prendre pour protéger l'équipement contre les effets de:

- surintensités résultant d'un court circuit;
- surcharges;
- défauts à la terre;
- surtensions d'origine atmosphérique ou dues à des manœuvres;
- températures anormales;
- perte ou diminution de la tension d'alimentation;
- survitesse des machines ou éléments de machine;
- séquence de phases erronée.

7.2 Protection contre les surintensités

7.2.1 Généralités

Une protection contre les surintensités doit être prévue lorsque le courant dans un circuit de la machine peut dépasser soit la valeur assignée d'un composant, soit l'intensité admissible des conducteurs, la valeur la plus faible des deux étant retenue. Les calibrages ou réglages à utiliser sont détaillés en 7.2.10.

7.2.2 Conducteurs d'alimentation

A moins qu'il en soit spécifié autrement par l'utilisateur, le fournisseur de l'équipement électrique ne doit pas être responsable de la fourniture du dispositif de protection contre les surintensités pour les conducteurs d'alimentation de l'équipement électrique.

Le fournisseur de l'équipement électrique doit indiquer sur le plan d'installation les renseignements nécessaires pour sélectionner ce dispositif de protection contre les surintensités (voir 7.2.10 et 18.5) (voir annexe B).

7.2.3 Circuits de puissance

Des dispositifs de détection et de coupure des surintensités, choisis conformément à 7.2.10, doivent être insérés dans chaque conducteur actif.

Si la section du conducteur neutre est au moins égale ou équivalente à celle des conducteurs de phase, il n'est pas nécessaire de prévoir une détection de surintensité et un dispositif de coupure pour le conducteur neutre. Pour un conducteur neutre ayant une section inférieure à celle des conducteurs de phase associés, les mesures détaillées au point b) de 473.3.2.1 de la CEI 60364-4-473 doivent être appliquées.

Dans les schémas IT, il est recommandé de ne pas utiliser le conducteur neutre. Cependant, si un tel conducteur neutre est utilisé, les dispositions détaillées en 473.3.2.2 de la CEI 60364-4-473 doivent être appliquées.

7.2.4 Circuits de commande

Les conducteurs des circuits de commande reliés directement à la tension d'alimentation et les circuits alimentant des transformateurs de circuits de commande doivent être protégés contre les surintensités conformément à 7.2.3.

Lorsque les circuits de commande sont alimentés par un transformateur dont une des extrémités de l'enroulement secondaire est reliée au circuit de protection, un dispositif de protection contre les surintensités est prescrit uniquement dans l'autre conducteur du circuit secondaire.

7 Protection of equipment

7.1 General

This clause details the measures to be taken to protect equipment against the effects of:

- overcurrent arising from a short circuit;
- overload current;
- earth fault;
- overvoltage due to lightning and switching surges;
- abnormal temperature;
- loss of or reduction in the supply voltage;
- overspeed of machines/machine elements;
- incorrect phase sequence.

7.2 Overcurrent protection

7.2.1 General

Overcurrent protection shall be provided where the current in a machine circuit can exceed either the rating of any component or the current carrying capacity of the conductors, whichever is the lesser value. The ratings or settings to be used are detailed in 7.2.10.

7.2.2 Supply conductors

Unless otherwise specified by the user, the supplier of the electrical equipment shall not be responsible for providing the overcurrent protective device for the supply conductors to the electrical equipment.

The supplier of the electrical equipment shall state on the installation diagram the data necessary for selecting the overcurrent protective device (see 7.2.10 and 18.5) (see annex B).

7.2.3 Power circuits

Devices for detection and interruption of overcurrent, selected in accordance with 7.2.10, shall be applied to each live conductor.

Where the cross-sectional area of the neutral conductor is at least equal to or equivalent to that of the phase conductors, it is not necessary to provide overcurrent detection for the neutral conductor nor a disconnecting device for that conductor. For a neutral conductor with a cross-sectional area smaller than that of the associated phase conductors, the measures detailed in item b) of 473.3.2.1 of IEC 60364-4-473 shall apply.

In IT systems, it is recommended that the neutral conductor is not used. However, where a neutral conductor is used, the measures detailed in 473.3.2.2 of IEC 60364-4-473 shall apply.

7.2.4 Control circuits

Conductors of control circuits directly connected to the supply voltage and of circuits feeding control circuit transformers shall be protected against overcurrent in accordance with 7.2.3.

In control circuits fed through a transformer, of which one end of the secondary winding is connected to the protective bonding circuit, an overcurrent protective device is required only in the other secondary circuit conductor.

7.2.5 Prises de courant et conducteurs associés

La protection contre les surintensités doit être prescrite pour les circuits alimentant des prises de courant destinées principalement à fournir la puissance aux matériels de maintenance. Des dispositifs de protection contre les surintensités doivent être prévus sur les conducteurs actifs non mis à la terre de chaque circuit alimentant de telles prises de courant.

7.2.6 Circuits d'éclairage

Tous les conducteurs non mis à la terre des circuits alimentant l'éclairage doivent être protégés contre les courts-circuits par des dispositifs de protection contre les surintensités indépendants de ceux protégeant les autres circuits.

7.2.7 Transformateurs de puissance

Les transformateurs doivent être protégés contre les surintensités conformément à la CEI 60076-5 et à la CEI 60742 si applicable. Une telle protection doit (voir aussi 7.2.10):

- éviter le déclenchement intempestif dû aux courants d'appel magnétisants des transformateurs;
- éviter un échauffement des enroulements excédant la valeur permise pour la classe d'isolement du transformateur lorsqu'il est soumis aux effets d'un court-circuit à ses bornes secondaires.

Il convient que le type et le réglage du dispositif de protection contre les surintensités soient conformes aux recommandations du fournisseur de transformateur.

7.2.8 Emplacement des dispositifs de protection contre les surintensités

Les dispositifs de protection contre les surintensités doivent être situés à l'endroit où les conducteurs à protéger sont raccordés à leur alimentation. Lorsque cela n'est pas possible, aucune protection contre les surintensités n'est prescrite pour les conducteurs du circuit dont l'intensité admissible est inférieure à celle des conducteurs d'alimentation, pourvu que la possibilité de court-circuit soit réduite par toutes les mesures suivantes:

- le courant admissible est au moins égal à celui prescrit pour la charge;
- chaque conducteur de raccordement aux dispositifs de protection contre les surintensités n'excède pas 3 m;
- les conducteurs sont protégés par une enveloppe ou une canalisation.

7.2.9 Dispositifs de protection contre les surintensités

Le pouvoir de coupure assigné doit être au moins égal au courant de défaut présumé à ce point de l'installation. Si le courant de court-circuit apparaissant dans le dispositif de protection inclut des courants autres que ceux de l'alimentation (par exemple de moteurs, de capacités de correction du facteur de puissance), ces courants doivent être pris en compte.

Un pouvoir de coupure inférieur est permis si un autre dispositif de protection (par exemple le dispositif de protection contre les surintensités des conducteurs d'alimentation (voir 7.2.2) ayant le pouvoir de coupure nécessaire est installé du côté de l'alimentation. Dans ce cas, les caractéristiques des dispositifs doivent être coordonnées de telle façon que l'énergie (I^2t) traversante de deux dispositifs en série n'excède pas celle qui peut être supportée sans dommage par le dispositif de protection du côté de la charge et par les conducteurs protégés par ce dispositif (voir l'annexe A de la CEI 60947-2).

NOTE – L'utilisation de dispositifs de protection contre les surintensités coordonnés comme ci-dessus peut conduire au fonctionnement de ces deux dispositifs.

Les dispositifs de protection contre les surintensités pour les circuits de puissance comprennent les fusibles et les disjoncteurs. Pour les circuits de commande, des dispositifs à semi-conducteurs prévus pour réduire ou limiter le courant dans les circuits protégés peuvent aussi être utilisés. Si des fusibles sont utilisés, un type facilement disponible dans le pays d'utilisation doit être choisi, ou des dispositions doivent être prises avec l'utilisateur pour la fourniture de pièces détachées.

7.2.5 *Socket outlets and their associated conductors*

Overcurrent protection shall be provided for the circuits feeding the general purpose socket outlets intended primarily for supplying power to maintenance equipment. Overcurrent protective devices shall be provided in the unearthed live conductors of each circuit feeding such socket outlets.

7.2.6 *Lighting circuits*

All unearthed conductors of circuits supplying lighting shall be protected against the effects of short circuits by the provision of overcurrent devices separate from those protecting other circuits.

7.2.7 *Transformers*

Transformers shall be protected against overcurrent in accordance with IEC 60076-5 and IEC 60742 as appropriate. Such protection shall (see also 7.2.10):

- avoid nuisance tripping due to transformer magnetizing inrush currents;
- avoid a winding temperature rise in excess of the permitted value for the insulation class of transformer when it is subjected to the effects of a short circuit at its secondary terminals.

The type and setting of the overcurrent protective device should be in accordance with the recommendations of the transformer supplier.

7.2.8 *Location of overcurrent protective devices*

An overcurrent protective device shall be located at the point where the conductor to be protected is connected to its supply. Where that is not possible, no overcurrent protection is required for those conductors with current-carrying capacity less than that of the supply conductors, provided that the possibility of a short circuit is reduced by all of the following measures:

- the current-carrying capacity of the conductor is at least equal to that required for the load;
- each connecting conductor to the overcurrent protective devices is no longer than 3 m;
- the conductor is protected by an enclosure or duct.

7.2.9 *Overcurrent protective devices*

The rated short-circuit breaking capacity shall be at least equal to the prospective fault current at the point of installation. Where the short-circuit current to an overcurrent protective device can include additional currents other than from the supply (e.g. from motors, from power factor correction capacitors), those currents shall be taken into consideration.

A lower breaking capacity is permitted where another protective device (e.g. the overcurrent protective device for the supply conductors (see 7.2.2) having the necessary breaking capacity is installed on the supply side. In that case, the characteristics of the two devices shall be co-ordinated so that the let-through energy (I^2t) of the two devices in series does not exceed that which can be withstood without damage to the overcurrent protective device on the load side and to the conductors protected by that device (see annex A of IEC 60947-2).

NOTE – The use of such a co-ordinated arrangement of overcurrent protective devices can result in the operation of both overcurrent protective devices.

Overcurrent protective devices for power circuits include fuses and circuit-breakers. Electronic devices designed to reduce or to limit the current in protected circuits may also be used. Where fuses are used, a type readily available in the country of use shall be selected, or arrangements shall be made with the user for the supply of spare parts.

7.2.10 Calibrage et réglage des dispositifs de protection contre les surintensités

Le courant nominal des fusibles ou le réglage des autres dispositifs de protection contre les surintensités doit être choisi aussi faible que possible mais être adapté aux surintensités prévues (par exemple, démarrage de moteurs ou mise sous tension de transformateurs). Lors du choix de tels dispositifs de protection, on doit tenir compte de la protection contre les surintensités des appareils de connexion pour commande (par exemple contre la soudure de leurs contacts).

Le courant nominal ou le réglage d'un dispositif de protection contre les surintensités est déterminé par l'intensité admissible dans les conducteurs à protéger par ce dispositif, conformément à 13.4. Il est recommandé de tenir compte des besoins de coordination avec les autres appareils électriques du circuit protégé. Il convient de respecter les recommandations du fournisseur de ces appareils.

7.3 Protection des moteurs contre les surcharges

La protection des moteurs contre les surcharges doit être assurée pour chaque moteur d'une puissance assignée supérieure à 0,5 kW. Pour des applications où une interruption automatique du moteur n'est pas acceptable (par exemple pompes à incendie), la détection de surcharge doit délivrer un signal d'avertissement auquel l'opérateur peut répondre. Pour des moteurs que l'on ne peut pas surcharger (par exemple moteurs couple, commandes de mouvement qui sont soit protégées par des dispositifs mécaniques de protection contre les surcharges, soit correctement dimensionnées), les dispositifs de protection contre les surcharges peuvent être omis. Cette protection peut être réalisée par l'utilisation de dispositifs tels que dispositifs de protection contre les surcharges, des détecteurs de température ou des dispositifs limiteurs de courant.

NOTE – Les dispositifs de protection contre les surcharges détectent des relations entre le temps et le courant (I^2t), dans un circuit, supérieures à celles du circuit en pleine charge et initient des réponses appropriées de la commande.

La détection de surcharge(s), (sauf en cas de limitation de courant ou de protections thermiques incorporées conformes à la CEI 60034-11), doit être prévue dans chaque conducteur actif, à l'exception du conducteur neutre. Cependant, le nombre de dispositifs de détection de surcharge peut être réduit à la demande de l'utilisateur (voir annexe B). Pour des moteurs monophasés ou à courant continu, la détection sur un seul conducteur actif non relié à la terre est autorisée.

Si la protection contre les surcharges est réalisée par coupure, l'appareil de connexion doit couper tous les conducteurs actifs. La coupure du conducteur neutre peut ne pas être nécessaire (voir 7.2.3).

Dans le cas de moteurs avec des caractéristiques spéciales de service appelés à démarrer ou à freiner fréquemment (par exemple moteurs utilisés pour l'avance ou le retour rapides, le verrouillage, le perçage sensible), il peut être difficile de réaliser une protection contre les surcharges dont la constante de temps s'accorde avec celle du moteur à protéger. L'utilisation de dispositifs de protection appropriés conçus pour des moteurs à usage spécial est recommandée.

L'utilisation de moteurs avec protection thermique incorporée (voir la CEI 60034-11) est recommandée dans les cas où le refroidissement peut être détérioré (par exemple dans des environnements poussiéreux). Selon le type de moteur, la protection contre un blocage du rotor ou une perte de phase n'est pas toujours assurée par une protection thermique incorporée, il convient alors de prévoir une protection complémentaire.

La remise en marche automatique d'un moteur après le fonctionnement d'une protection contre les surcharges doit être empêchée si cela peut provoquer une condition dangereuse ou un dommage à la machine ou au travail en cours.

7.4 Protection contre les températures anormales

Les circuits de chauffage par résistance ou autre qui peuvent atteindre ou entraîner des températures anormales et donc engendrer des conditions dangereuses doivent être munis d'un dispositif de détection provoquant une réponse appropriée de la commande. Un exemple est un circuit de chauffage par résistance qui soit est calibré pour un fonctionnement court, soit perd son moyen de refroidissement.

7.2.10 Rating and setting of overcurrent protective devices

The rated current of fuses or the setting current of other overcurrent protective devices shall be selected as low as possible but adequate for the anticipated overcurrents (e.g. during starting of motors or energizing of transformers). When selecting those protective devices, consideration should be given to the protection of control switching devices against damage due to overcurrents (e.g. welding of the control switching device contacts).

The rated current or setting of an overcurrent protective device is determined by the current carrying capacity of the conductors to be protected by that device in accordance with 13.4. That should take into account the needs of co-ordination with other electrical devices in the protected circuit. The recommendations of the supplier of those devices should be followed.

7.3 Overload protection of motors

Overload protection of motors shall be provided for each motor rated at more than 0,5 kW. In applications where an automatic interruption of the motor operation is unacceptable (e.g. fire pumps), the overload detection shall give a warning signal to which the operator can respond. For motors that cannot be overloaded (e.g. torque motors, motion drives that either are protected by mechanical overload protection devices or are adequately dimensioned), the overload protective devices may be omitted. Overload protection of motors can be achieved by the use of devices such as overload protective devices, temperature sensing devices, or current-limiting devices.

NOTE – Overload protective devices detect the time and current relationships (I^2t) in a circuit that are in excess of the rated full load of the circuit and initiate appropriate control responses.

Detection of overload(s) (except in the case of current limitation or built-in thermal protection in accordance with IEC 60034-11) shall be provided in each live conductor except for the neutral conductor. However, the number of overload detection devices may be reduced at the request of the user (see annex B). For motors having single-phase or d.c. power supplies, detection in only one unearthed live conductor is permitted.

Where overload protection is achieved by switching off, the switching device shall switch off all live conductors. The switching of the neutral conductor may not be necessary (see 7.2.3).

Where motors with special duty ratings are called upon to start or to brake frequently (e.g. motors used for rapid traverse, locking, rapid reversal, sensitive drilling) it can be difficult to provide overload protection with a time constant comparable with that of the winding to be protected. The use of appropriate protective devices designed to accommodate special duty motors is recommended.

The use of motors with built-in thermal protection (see IEC 60034-11) is recommended in situations where the cooling can be impaired (e.g. dusty environments). Depending upon the kind of motor, protection under stalled rotor or loss of phase conditions is not always ensured by built-in thermal protection, and additional protection should then be provided.

Automatic restarting of any motor after the operation of overload protection shall be prevented where this can cause a hazardous condition or damage to the machine or to the work in progress.

7.4 Abnormal temperature protection

Resistance heating or other circuits that are capable of attaining or causing abnormal temperatures and therefore can cause a hazardous condition shall be provided with suitable detection to initiate an appropriate control response. An example is a resistance-heating circuit that is short-time rated or which loses its cooling medium.

7.5 *Protection contre l'interruption ou la baisse de la tension d'alimentation et son établissement ultérieur*

Lorsqu'une interruption d'alimentation ou une chute de tension peut entraîner des conditions dangereuses, des dommages à la machine ou aux travaux en cours, une protection contre une baisse de tension doit être prévue (par exemple pour mettre la machine hors tension) à un niveau prédéterminé de tension.

Si le fonctionnement de la machine permet une interruption ou une réduction de la tension pendant une période de temps courte, une protection temporisée contre une baisse de tension peut être prévue. Le fonctionnement du dispositif de protection à minimum de tension ne doit pas compromettre le fonctionnement d'une commande d'arrêt de la machine.

Lors du rétablissement de la tension ou de la fermeture de l'interrupteur, le redémarrage automatique ou intempestif de la machine doit être empêché si ce redémarrage peut entraîner une condition dangereuse.

Dans le cas d'une réduction de tension ou d'une interruption d'alimentation affectant seulement une partie de la machine, ou du groupe de machines fonctionnant ensemble de manière coordonnée, la protection contre une baisse de tension doit initier une commande appropriée pour assurer la coordination.

7.6 *Protection contre la survitesse des moteurs*

Une protection contre la survitesse doit être prévue dans le cas où une survitesse peut produire une cause de condition dangereuse en tenant compte des mesures conformes à 9.4.2. La protection contre la survitesse doit provoquer les réactions appropriées de la commande et interdire un redémarrage automatique.

NOTE – Cette protection peut être, par exemple, un dispositif centrifuge ou un limiteur de vitesse. La protection contre la survitesse nécessite un fonctionnement tel que la limite de vitesse mécanique du moteur ou de sa charge ne puisse être dépassée.

7.7 *Protection contre les défauts à la terre et les courants résiduels*

En complément à la protection contre les défauts à la terre et contre les courants résiduels pour la coupure automatique telle que décrite en 6.3, cette protection peut aussi être prévue pour réduire les dommages à l'équipement dus à des courants de défaut inférieurs au réglage de la protection contre les surintensités.

Le réglage des dispositifs de protection doit être aussi bas que possible en cohérence avec un fonctionnement correct de l'équipement.

7.8 *Protection de l'ordre des phases*

Si un ordre erroné des phases de l'alimentation peut entraîner une condition dangereuse ou des dommages à la machine, une protection doit être prévue.

NOTE – Les conditions de fonctionnement pouvant mener à un ordre de phase erroné comprennent:
 – une machine transférée d'une source à une autre;
 – une machine mobile équipée pour le raccordement à une alimentation externe.

7.9 *Protection contre les surtensions d'origine atmosphérique ou surtensions de manœuvre*

Des dispositifs de protection peuvent être prévus pour la protection contre les surtensions d'origine atmosphérique ou de manœuvre.

Les dispositifs de limitation des surtensions atmosphériques doivent être connectés aux bornes d'alimentation du dispositif de sectionnement.

Les dispositifs de limitation des surtensions de manœuvre doivent être connectés entre les bornes de tout équipement nécessitant une telle protection.

7.5 Protection against supply interruption or voltage reduction and subsequent restoration

Where a supply interruption or a voltage reduction can cause a hazardous condition, damage to the machine, or to the work in progress, undervoltage protection shall be provided (e.g. to switch off the machine) at a predetermined voltage level.

Where the operation of the machine can allow for an interruption or a reduction of the voltage for a short time period, delayed undervoltage protection may be provided. The operation of the undervoltage device shall not impair the operation of any stopping control of the machine.

Upon restoration of the voltage or upon switching on the incoming supply, automatic or unexpected restarting of the machine shall be prevented when such a restart can cause a hazardous condition.

Where only a part of the machine or of the group of machines working together in a co-ordinated manner is affected by the voltage reduction or supply interruption, the undervoltage protection shall initiate appropriate control responses to ensure co-ordination.

7.6 Motor overspeed protection

Overspeed protection shall be provided where overspeeding can occur and could possibly cause a hazardous condition taking into account measures in accordance with 9.4.2. Overspeed protection shall initiate appropriate control responses and shall prevent automatic restarting.

NOTE – This protection can consist, for example, of a centrifugal switch or speed limit monitor. The overspeed protection should operate in such a manner that the mechanical speed limit of the motor or its load is not exceeded.

7.7 Earth fault/residual current protection

In addition to providing earth fault/residual current protection for automatic disconnection as described in 6.3, this protection can be used to reduce damage to equipment due to earth fault currents less than the detection level of the overcurrent protection.

The setting of the devices shall be as low as possible consistent with correct operation of the equipment.

7.8 Phase sequence protection

Where an incorrect phase sequence of the supply voltage can cause a hazardous condition or damage to the machine, protection shall be provided.

NOTE – Conditions of use that may lead to an incorrect phase sequence include:

- a machine transferred from one supply to another;
- a mobile machine with a facility for connection to an external power supply.

7.9 Protection against overvoltages due to lightning and to switching surges

Protective devices can be provided to protect against the effects of overvoltages due to lightning or to switching surges.

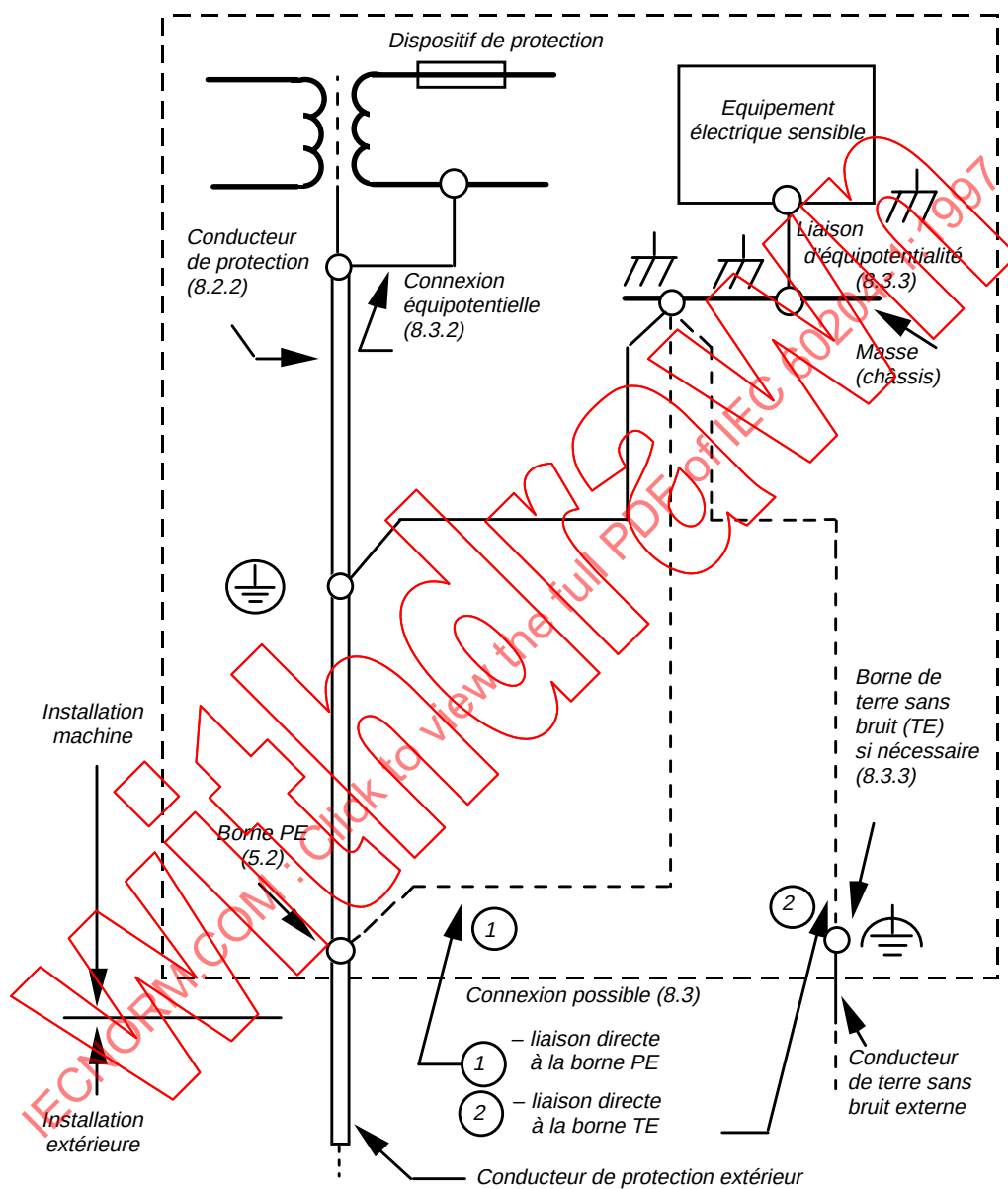
Devices for the suppression of overvoltages due to lightning shall be connected to the incoming terminals of the supply disconnecting device.

Devices for the suppression of overvoltages due to switching surges shall be connected across the terminals of all equipment requiring such protection.

8 Liaisons équipotentielle

8.1 Généralités

Cet article concerne les prescriptions relatives aux liaisons équipotentielles remplissant des fonctions fonctionnelles et de protection. La figure 3 illustre ces concepts.



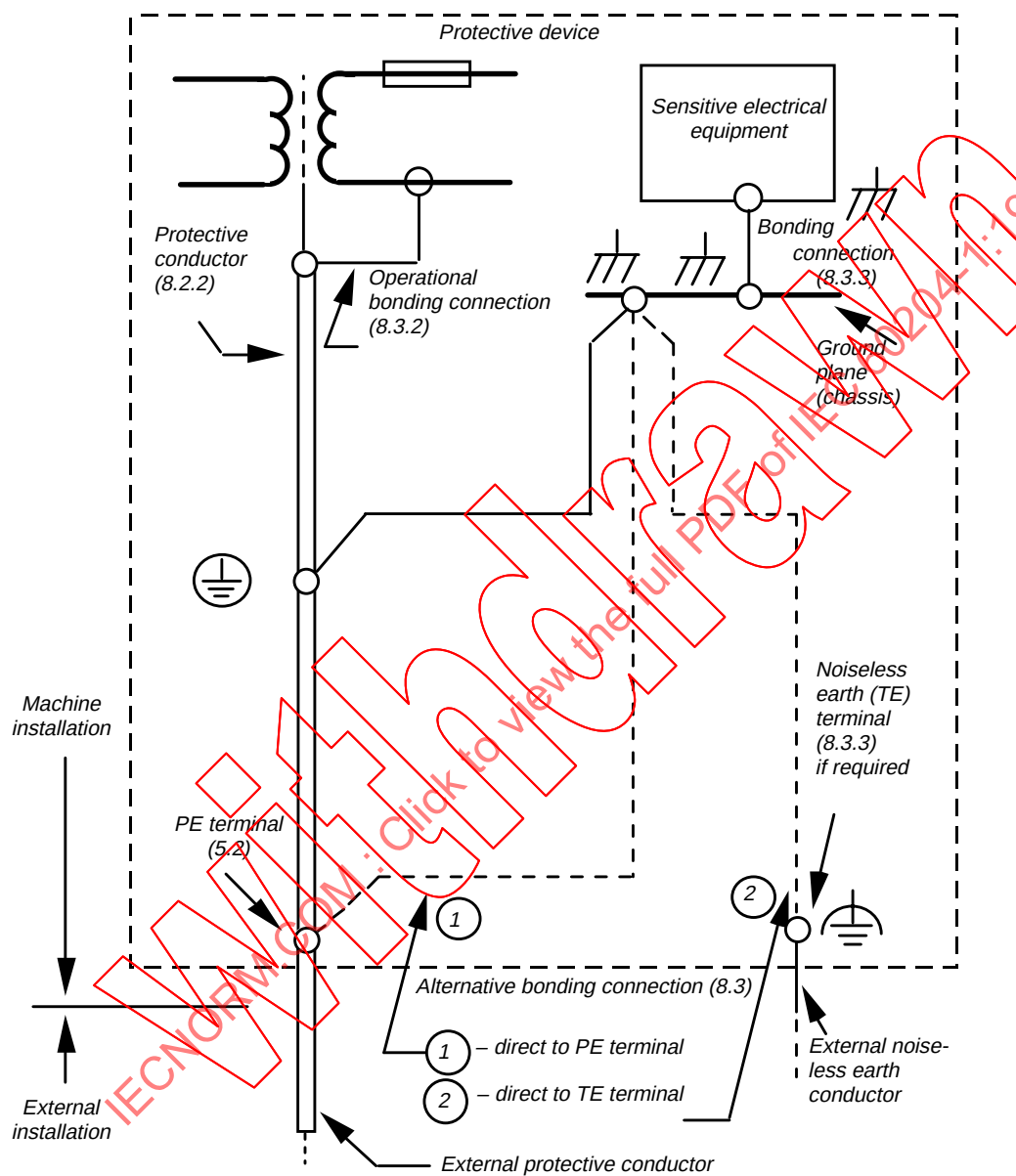
IEC 1235/97

Figure 3 – Exemple de liaisons équipotentielles pour l'équipement électrique d'une machine

8 Equipotential bonding

8.1 General

This clause provides requirements for both protective bonding and operational bonding. Figure 3 illustrates those concepts.



IEC 1235/97

Figure 3 – Example of equipotential bonding for electrical equipment of a machine

8.2 *Circuit de protection*

8.2.1 *Généralités*

Le circuit de protection comprend:

- la ou les bornes PE (voir 5.2);
- les parties structurales conductrices de l'équipement électrique et de la machine;
- les conducteurs de protection dans l'équipement de la machine, y compris les contacts glissants s'ils font partie du circuit.

Pour les machines mobiles avec alimentations de puissance embarquées, les circuits de protection, les masses et les éléments conducteurs doivent tous être raccordés à une borne de terre afin d'assurer la protection contre les chocs électriques. Si une machine mobile peut être aussi raccordée à une alimentation extérieure, la borne du circuit de protection doit être le point de connexion du conducteur de protection externe.

NOTE – Si l'alimentation électrique est incorporée dans des parties fixes, mobiles ou portatives de l'équipement, et s'il n'existe pas de source extérieure d'alimentation (par exemple dans le cas d'un chargeur de batteries embarqué non raccordé), il n'est pas nécessaire de raccorder un tel équipement à un conducteur de protection externe.

Toutes les parties du circuit de protection doivent être conçues pour être capables de résister aux contraintes thermiques et mécaniques les plus importantes pouvant être provoquées par des courants de défaut à la terre susceptibles de circuler dans ces parties du circuit de protection.

Tout élément structurel de l'équipement électrique ou de la machine peut être utilisé comme partie du circuit de protection à condition qu'il satisfasse aux prescriptions de la CEI 60364-5-54.

En schéma IT, la structure de la machine doit faire partie du circuit de protection et doit être associée à un contrôleur permanent d'isolement. La liaison de la structure au circuit de protection n'est pas prescrite si tous les matériels sont conformes à 6.3.2.2.

8.2.2 *Conducteurs de protection*

Les conducteurs de protection doivent être identifiés conformément à 14.2.2.

Il est recommandé d'utiliser des conducteurs en cuivre. Dans le cas d'utilisation de matériau conducteur autre que le cuivre, la résistance électrique par unité de longueur ne doit pas dépasser la valeur admise pour un conducteur en cuivre et sa section ne doit pas être inférieure à 16 mm².

La section des conducteurs de protection doit être déterminée en accord avec les prescriptions de:

- la CEI 60364-5-54, 543; ou
- 7.4.3.1.7 de la CEI 60439-1, selon les cas.

Cette exigence se vérifie dans la plupart des cas si les sections des conducteurs actifs associés à une partie de l'équipement et celles des conducteurs de protection associés sont conformes au tableau 1.

8.2.3 *Continuité du circuit de protection*

Toutes les masses de l'équipement électrique ou de la ou des machines doivent être raccordées au circuit de protection. Si un élément est retiré quelle que soit la raison (par exemple maintenance), le circuit de protection pour les éléments restants ne doit pas être interrompu.

8.2 *Protective bonding circuit*

8.2.1 *General*

The protective bonding circuit consists of:

- PE terminal(s) (see 5.2);
- the conductive structural parts of the electrical equipment and the machine;
- the protective conductors in the equipment of the machine including sliding contacts where they are part of the circuit.

On mobile machines with on-board power supplies, the protective circuits, the exposed conductive parts, and the extraneous conductive parts shall all be connected to a protective bonding terminal to provide protection against electric shock. When a mobile machine is also capable of being connected to an external incoming supply, the protective bonding terminal shall be the connection point for the external protective conductor.

NOTE – When the supply of electrical energy is self-contained within stationary, mobile, or movable items of equipment, and when there is no external supply connected (e.g. when an on-board battery charger is not connected), there is no need to connect such equipment to an external protective conductor.

All parts of the protective bonding circuit shall be so designed that they are capable of withstanding the highest thermal and mechanical stresses that can be caused by earth-fault currents that could flow in that part of the protective bonding circuit.

Any structural part of the electrical equipment or of the machine may be used as part of the protective bonding circuit provided that it satisfies the requirements of IEC 60364-5-54.

If an IT distribution system is used, the machine structure shall be used as part of the protective bonding circuit in conjunction with an earth fault supervision system. The structural bonding is not required where all the equipment provided is in accordance with 6.3.2.2.

8.2.2 *Protective conductors*

Protective conductors shall be identified in accordance with 14.2.2.

Copper conductors should be used. Where a conductor material other than copper is used, its electrical resistance per unit length shall not exceed that of the allowable copper conductor and such conductors shall be not less than 16 mm² in cross-sectional area.

The cross-sectional area of protective conductors shall be determined in accordance with the requirements of:

- 543 of IEC 60364-5-54; or
- 7.4.3.1.7 of IEC 60439-1, as appropriate.

This requirement is met in most cases where the relationship between the cross-sectional area of the phase conductors associated with that part of the equipment and the cross-sectional area of the associated protective conductor is in accordance with table 1.

8.2.3 *Continuity of the protective bonding circuit*

All exposed conductive parts of the electrical equipment and the machine(s) shall be connected to the protective bonding circuit. Where a part is removed for any reason (e.g. routine maintenance), the protective bonding circuit for the remaining parts shall not be interrupted.

Les points de raccordement et de liaison doivent être prévus de façon que leurs intensités admissibles ne soient pas altérées par des influences mécaniques, chimiques ou électro-chimiques. Lors de l'utilisation d'enveloppe ou de conducteur en aluminium ou alliage d'aluminium, on prendra particulièrement soin des problèmes de corrosion électrolytique.

Les canalisations métalliques, flexibles ou rigides et les gaines de câbles métalliques ne doivent pas être utilisés comme conducteurs de protection. Néanmoins, de tels canalisations métalliques ainsi que la gaine métallique de tous les câbles de connexion (par exemple blindage de câble, gaine en plomb) doivent être raccordés au circuit de protection.

La continuité du circuit de protection doit être assurée pour les équipements électriques montés sur des couvercles, des portes, des plaques de fermeture. Il est recommandé d'utiliser un conducteur de protection (voir 8.2.2). Sinon il faut utiliser des systèmes de fermeture, des charnières ou des contacts glissants prévus pour présenter une faible résistance (voir 19.2).

La continuité des circuits de protection des câbles susceptibles d'être endommagés (par exemple câbles souples rampants) doit être assurée par des mesures appropriées (par exemple surveillance).

Pour les prescriptions relatives à la continuité du circuit de protection utilisant des collecteurs bobinés, à barres ou d'assemblages glissants (voir 13.8.2).

8.2.4 Exclusion des appareils de sectionnement du circuit de protection

Le circuit de protection ne doit comprendre ni appareil de connexion, ni dispositif de protection contre les surintensités (par exemple interrupteur, fusible), ni organe de détection de courant appartenant à ces dispositifs. Les seuls éléments d'interruption qu'il est permis de monter dans le circuit de protection sont des barrettes ne pouvant être ouvertes que par des personnes averties ou qualifiées pour certains essais ou mesures, de préférence au moyen d'un outil (voir aussi 543.3 de la CEI 60364-5-54).

Exception: il est permis d'insérer de tels dispositifs qui n'entraînent pas l'interruption du circuit de protection, si leurs caractéristiques électriques empêchent en toutes circonstances une élévation dangereuse de la tension dans toute partie du circuit, et s'ils n'altèrent pas les performances du circuit.

8.2.5 Pièces dont le raccordement au circuit de protection n'est pas nécessaire

Il n'est pas nécessaire de raccorder au circuit de protection certaines masses si, par leur montage, elles ne présentent pas de danger du fait:

- qu'elles ne peuvent pas être touchées sur de larges surfaces ou saisies par la main et qu'elles sont de faibles dimensions (moins de 50 mm × 50 mm environ); ou
- qu'elles sont placées de telle façon qu'un contact avec des parties actives ou une défaillance de l'isolation soit improbable.

Cela s'applique aux petites pièces telles que vis, rivets, plaques signalétiques et aux pièces situées à l'intérieur d'une enveloppe quelles que soient leurs dimensions (par exemple électroaimants de contacteurs ou de relais, parties mécaniques des appareils) (voir aussi 471.2.2 de la CEI 60364-4-47).

8.2.6 Interruption du circuit de protection

Lorsque la continuité du circuit de protection peut être interrompue par des collecteurs mobiles de courant ou des ensembles fiche-prise, le circuit de protection ne doit pas être interrompu avant la coupure des conducteurs de phase, et sa continuité doit être rétablie avant celle des conducteurs de phase. Cela concerne aussi les éléments démontables et débrochables (voir aussi 14.4.5).

Les enveloppes métalliques des connecteurs et des prises de courant généralisées doivent être connectées au circuit de protection, sauf s'ils sont utilisés en TBTP.

Connection and bonding points shall be so designed that their current-carrying capacity is not impaired by mechanical, chemical, or electrochemical influences. Where enclosures and conductors of aluminium or aluminium alloys are used, particular consideration should be given to the problems of electrolytic corrosion.

Metal ducts of flexible or rigid construction and metallic cable sheaths shall not be used as protective conductors. Nevertheless such metal ducts and the metal sheathing of all connecting cables (e.g. cable armouring, lead sheath) shall be connected to the protective bonding circuit.

Where the electrical equipment is mounted on lids, doors, or cover plates, continuity of the protective bonding circuit shall be ensured and it is recommended that a protective conductor (see 8.2.2) is used. Otherwise fastenings, hinges or sliding contacts designed to have a low resistance shall be used (see 19.2).

The continuity of the protective conductor in cables that are exposed to damage (e.g. flexible trailing cables) shall be ensured by appropriate measures (e.g. monitoring).

For requirements for the continuity of the protective conductor using collector wires, collector bars and slip-ring assemblies (see 13.8.2).

8.2.4 *Exclusion of switching devices from the protective bonding circuit*

The protective bonding circuit shall not incorporate a switching device, an overcurrent protective device (e.g. switch, fuse) nor a means for current detection for such devices. The only means permitted for interruption of the protective conductors shall be links intended to be opened only by instructed or skilled persons for certain test or measurement purposes, preferably by using a tool (see also 543.3 of IEC 60364-5-54).

Exception: it is permissible to include such devices that do not interrupt the protective bonding circuit, that have electrical characteristics that under all circumstances ensure prevention of a hazardous voltage rise in any part of the circuit, and that do not impair the performance of the circuit.

8.2.5 *Parts that need not be connected to the protective bonding circuit*

It is not necessary to connect exposed conductive parts to the protective bonding circuit where those parts are mounted so that they do not constitute a hazard because:

- they cannot be touched on large surfaces or grasped with the hand and they are small in size (less than approximately 50 mm × 50 mm); or
- they are located so that either contact with live parts, or an insulation failure, is unlikely.

This applies to small parts such as screws, rivets, and nameplates and to parts inside an enclosure, irrespective of their size (e.g. electromagnets of contactors or relays and mechanical parts of devices) (see also 471.2.2 of IEC 60364-4-47).

8.2.6 *Interruption of the protective bonding circuit*

Where the continuity of the protective bonding circuit can be interrupted by means of removable current collectors or plug/socket combinations, the protective bonding circuit shall not be interrupted before the live conductors have been disconnected, and shall be re-established before any live conductor is reconnected. This also applies to removable or withdrawable plug-in units (see also 14.4.5).

Metallic housings of plug/socket combinations shall be connected to the protective bonding circuit except where used for PELV.

8.2.7 Points de raccordement du conducteur de protection

Tous les conducteurs de protection doivent être raccordés conformément à 14.1.1. Les points de raccordement du conducteur de protection ne doivent pas présenter d'autres fonctions et ne doivent pas être, par exemple, utilisés pour la connexion d'accessoires ou d'éléments.

Chaque point de raccordement du conducteur de protection doit être identifié comme tel par le symbole 60417-2-IEC-5019.



Cette identification peut être remplacée, pour les bornes utilisées au raccordement du conducteur de protection, par la combinaison bicolore VERT-et-JAUNE. Concernant l'usage des lettres PE, voir 5.2.

8.3 Liaisons équipotentielles fonctionnelles

8.3.1 Généralités

Le but d'une liaison équipotentielle fonctionnelle est de diminuer:

- les conséquences d'une défaillance de l'isolation sur le fonctionnement de la machine (voir 8.3.2);
- les conséquences de perturbations électriques sur le fonctionnement d'équipements électriques sensibles (voir 8.3.3).

8.3.2 Liaison au circuit de protection

Une méthode de protection contre un fonctionnement intempestif résultant d'une défaillance de l'isolement peut être réalisée en connectant une des polarités du circuit de commande alimenté par transformateur au circuit de protection, les appareils de commande étant raccordés sur le circuit conformément à 9.1.4. Ce raccordement doit être effectué à l'origine de l'alimentation du circuit de commande.

L'attention est attirée sur le fait que l'absence de raccordement des masses des équipements au circuit de protection, autorisé en 6.3.2.2 et 6.3.2.3, supprime l'efficacité des mesures de sécurité de ce paragraphe.

8.3.3 Liaisons à un potentiel de référence commun

Les effets des perturbations peuvent être réduits en utilisant un conducteur de faible résistance, dans un réseau à basse impédance utilisé comme niveau de référence pour les signaux haute fréquence à l'intérieur de l'équipement électrique (par exemple, le châssis ou le plan de référence). La conception des points de raccordement de l'équipotentialité doit réduire autant que possible l'impédance par rapport au plan de référence. Ces points de raccordement doivent être identifiés par le symbole 60417-2-IEC-5020 (voir figure 3).



La liaison à un potentiel de référence commun autre que celui délivré par le circuit de protection ou la borne de raccordement à un conducteur de terre extérieur (terre sans bruit) doit être autorisée sous réserve de respecter les prescriptions des articles 6 et 7.

Une connexion unique reliée directement à un point aussi proche que possible de la borne PE (voir figure 3 ①), (ou à une borne qui lui est propre en vue d'assurer son raccordement à un conducteur de terre extérieur (terre sans bruit) doit être adoptée, si besoin est, pour réduire les perturbations de mode commun (voir figure 3 ②). Cette dernière borne doit être identifiée par le symbole 60417-2-IEC-5018.



8.2.7 Protective conductor connecting points

All protective conductors shall be terminated in accordance with 14.1.1. The protective conductor connecting points shall have no other function and shall not be used, for example, to attach or connect appliances or parts.

Each protective conductor connecting point shall be identified as such using the symbol 60417-2-IEC-5019:



Alternatively, terminals for the connection of the protective conductor may be identified by the bicolour combination GREEN-AND-YELLOW. For the use of the letters PE, see 5.2.

8.3 Bonding for operational purposes

8.3.1 General

The objective of operational bonding is to minimize:

- the consequence of an insulation failure on the operation of the machine (see 8.3.2);
- the consequences of electrical disturbances on the operation of sensitive electrical equipment (see 8.3.3).

8.3.2 Bonding to the protective circuit

One method for protection against unintended operation as a result of insulation failures is achieved by connecting one side of a control circuit fed by a transformer to the protective bonding circuit, with the control devices connected in accordance with 9.1.4. This connection shall be made at the source of the control circuit supply.

Attention is drawn to the fact that by omitting the connection of the exposed conductive parts of the devices to the protective bonding circuit as permitted by 6.3.2.2 and 6.3.2.3, the safety measures of this subclause may not be effective.

8.3.3 Bonding to a common reference potential

The effects of disturbances can be reduced by employing a low resistance conductor in a low impedance network that is used as a reference level for high frequency signals within the electrical equipment (e.g. the chassis or ground plane). The design of the bonding connections shall be such as to reduce the impedance to the ground plane as much as possible. Such termination points shall be identified by the symbol 60417-2-IEC-5020 (see figure 3):



Bonding to a common reference potential other than that provided by the protective bonding circuit or to the terminal for connection to an external (noiseless earth) earth conductor shall be permitted providing the requirements of clauses 6 and 7 are met.

Single point bonding connected directly to a point as close as possible to the PE terminal (see figure 3 ①) or to its own terminal for connection to an external (noiseless) earth conductor shall be used, where appropriate, to minimize common mode interferences (see figure 3 ②). This latter terminal shall be identified by the symbol 60417-2-IEC-5018:



9 Circuits et fonctions de commande

9.1 Circuits de commande

9.1.1 Alimentation du circuit de commande

Des transformateurs doivent être utilisés pour alimenter les circuits de commande. Ces transformateurs doivent être à enroulements séparés. Si plusieurs transformateurs sont utilisés, il est recommandé de raccorder leurs enroulements de manière que les tensions secondaires soient en phase.

Quand les circuits de commande c.c. sont raccordés au circuit de protection (voir 8.2.1), ils doivent être alimentés par un enroulement séparé du transformateur du circuit de commande c.a. ou par un autre transformateur de circuit de commande.

Les transformateurs ne sont pas obligatoires pour les machines munies d'un seul démarreur de moteur et au maximum de deux appareils de commande (par exemple dispositif de verrouillage, boîtier de commande marche/arrêt).

9.1.2 Tensions du circuit de commande

Les valeurs des tensions de commande doivent être compatibles avec un fonctionnement correct du circuit de commande. La tension assignée ne doit pas dépasser 277 V lorsqu'elle est fournie par un transformateur.

9.1.3 Protection

Les circuits de commande doivent être fournis avec une protection contre les surintensités conformément à 7.2.4 et 7.2.10.

9.1.4 Raccordement des appareils de commande

Dans les circuits de commande dont une polarité est reliée (ou est destinée à être reliée) au circuit de protection (voir 7.2.4), une borne (ayant de préférence toujours le même marquage) de la bobine de chaque appareil à commande électromagnétique, ou une borne de tout autre appareil électrique, doit être reliée directement à cette polarité du circuit de commande. Tout élément de commutation, (par exemple contacts) des appareils de commande qui manœuvrent la bobine ou l'appareil, doit être placé entre l'autre borne de la bobine ou de l'appareil et l'autre polarité du circuit de commande (c'est-à-dire celle qui n'est pas reliée au circuit de protection).

Les **exceptions** suivantes sont autorisées:

- les contacts des dispositifs de protection (par exemple relais de surcharge) peuvent être raccordés entre cette polarité reliée au circuit de protection et les bobines, dans la mesure où les conducteurs entre de tels contacts et les bobines des dispositifs de commande sur lesquels les contacts du relais agissent sont dans la même enveloppe et où la liaison est si courte et d'un type tel qu'un défaut de terre est improbable;
- si les prescriptions de 9.4.3.1 sont satisfaites.

9.2 Fonctions de commande

9.2.1 Fonctions marche

Les fonctions marche doivent agir par excitation du circuit correspondant (9.2.5.2).

9 Control circuits and control functions

9.1 Control circuits

9.1.1 Control circuit supply

Transformers shall be used for supplying the control circuits. Such transformers shall have separate windings. Where several transformers are used, it is recommended that the windings of those transformers be connected in such a manner that the secondary voltages are in phase.

Where d.c. control circuits are connected to the protective bonding circuit (see 8.2.1), they shall be supplied from a separate winding of the a.c. control circuit transformer or by another control circuit transformer.

Transformers are not mandatory for machines with a single motor starter and a maximum of two control devices (e.g. interlock device, start/stop control station).

9.1.2 Control circuit voltages

The value of the control voltage should be consistent with the correct operation of the control circuit. The nominal voltage shall not exceed 277 V when supplied from a transformer.

9.1.3 Protection

Control circuits shall be provided with overcurrent protection in accordance with 7.2.4 and 7.2.10.

9.1.4 Connection of control devices

In control circuits with one side connected (or intended to be connected) to the protective bonding circuit (see 7.2.4), one terminal (preferably always having the same marking) of the operating coil of each electromagnetically operated device or one terminal of any other electrical device shall be connected directly to that side of the control circuit. All switching elements (e.g. contacts) of control devices that operate the coil or the device shall be inserted between the other terminal of the coil or device and the other side of the control circuit (i.e. the side that is not connected to the protective bonding circuit).

The following **exceptions** are permitted:

- contacts of protective devices (e.g. overload relays) may be connected between that side connected to the protective bonding circuit and the coils, provided that the conductors between such contacts and the coils of the control devices on which the relay contacts operate are in the same control enclosure and the connection is so short and of a type that an earth fault is unlikely;
- where the requirements of 9.4.3.1 are met.

9.2 Control functions

9.2.1 Start functions

Start functions shall operate by energizing the relevant circuit (see 9.2.5.2).

9.2.2 Fonctions arrêt

Il existe trois catégories d'arrêt:

- catégorie 0: arrêt par suppression immédiate de l'alimentation aux actionneurs (par exemple arrêt non contrôlé – voir 3.56);
- catégorie 1: arrêt contrôlé (voir 3.11) en maintenant l'alimentation aux actionneurs jusqu'à l'arrêt de la machine, puis coupure de la puissance quand l'arrêt est obtenu;
- catégorie 2: arrêt contrôlé en maintenant l'alimentation aux actionneurs.

NOTE – A l'exception des modes d'urgence (voir 9.2.5.4), et en fonction de l'évaluation du risque, la coupure de l'alimentation peut être réalisée par des composants électromécaniques ou à semi-conducteurs.

9.2.3 Modes de marche

Chaque machine peut avoir un ou plusieurs modes de marche qui sont déterminés par le type de machine et son application.

Si le changement de mode de marche peut entraîner des conditions dangereuses, cette opération doit être évitée par un dispositif approprié (par exemple commutateur à clef, code d'accès). La sélection d'un mode de marche ne doit pas par elle-même provoquer la mise en marche de la machine. Une autre action de l'opérateur doit être requise.

La protection par protecteurs doit rester effective dans tous les modes de marche (voir 9.2.4 pour neutralisation provisoire des protections sous conditions spéciales).

L'indication du mode de marche choisi doit être fournie (par exemple position du sélecteur de mode, voyant lumineux, écran).

9.2.4 Neutralisation provisoire de la protection par protecteur

Quand il est nécessaire de neutraliser la protection par protecteur (par exemple à des fins de réglage ou de maintenance), un dispositif de choix de mode, ou un moyen susceptible d'être bloqué (par exemple verrouillé) dans le mode désiré, doit être fourni pour éviter un fonctionnement automatique. De plus, il est recommandé d'adopter une ou plusieurs des dispositions suivantes:

- mise en marche du mouvement par un appareil de commande nécessitant une action maintenue ou par un appareil de commande similaire;
- un pupitre de commande portable (par exemple pendentif) comportant un arrêt d'urgence et s'il le faut, un dispositif de validation. Quand un pupitre de commande portable est utilisé, les mouvements ne peuvent être commandés qu'à partir du pupitre;
- limitation de vitesse ou de puissance du mouvement;
- limitation de l'amplitude du mouvement.

9.2.5 Fonctionnement

9.2.5.1 Généralités

Les verrouillages nécessaires (voir 9.3) doivent être prévus pour un fonctionnement sûr.

Des dispositions doivent être prises pour empêcher tout démarrage intempestif après tout arrêt de la machine (par exemple en cas de déverrouillage, de défaut d'alimentation, de remplacement de batterie, de perte de signal pour une commande sans fil).

9.2.2 Stop functions

There are three categories of stops as follows:

- category 0: stopping by immediate removal of power to the machine actuators (i.e. an uncontrolled stop – see 3.56);
- category 1: a controlled stop (see 3.11) with power available to the machine actuators to achieve the stop and then removal of power when the stop is achieved;
- category 2: a controlled stop with power left available to the machine actuators.

NOTE – With the exception of emergency operations (see 9.2.5.4), and depending upon the risk assessment, removal of power may be accomplished by the use of either electromechanical or solid-state components.

9.2.3 Operating modes

Each machine can have one or more operating modes determined by the type of machine and its application.

When a hazardous condition can result from a mode selection, such selection shall be prevented by suitable means (e.g. key operated switch, access code). Mode selection by itself shall not initiate machine operation. A separate action by the operator shall be required.

Safeguarding shall remain effective for all operating modes (see 9.2.4 for suspension of safeguarding under special conditions).

Indication of the selected operating mode shall be provided (e.g. the position of a mode selector, the provision of an indicating light, a visual display indication).

9.2.4 Suspension of safeguarding

Where it is necessary to suspend safeguarding, (e.g. for setting or maintenance purposes), a mode selection device or means capable of being secured (e.g. locked) in the desired mode shall be provided so as to prevent automatic operation. In addition, one or more of the following means should be provided:

- initiation of motion by a hold-to-run device or by a similar control device;
- a portable control station (e.g. pendant) with an emergency stop device and, where appropriate, an enabling device. Where a portable station is in use, motion may be initiated only from that station;
- limitation of the speed or the power of motion;
- limitation of the range of motion.

9.2.5 Operation

9.2.5.1 General

The necessary interlocks (see 9.3) shall be provided for safe operation.

Measures shall be taken to prevent movement of the machine in an unintended manner after any stopping of the machine (e.g. due to locked-off condition, power supply fault, battery replacement, lost signal condition with cableless control).

9.2.5.2 Marche

Le démarrage ne doit être possible que si les protecteurs de sécurité sont en place et opérationnels, sauf dans les conditions décrites en 9.2.4.

Pour les machines (par exemple mobiles) dont les protecteurs de sécurité ne peuvent pas être utilisés pour certains fonctionnements, la commande manuelle dans de telles conditions doit être effectuée par des commandes à action maintenue associées à des dispositifs de validation, selon ce qui est approprié.

Des verrouillages appropriés doivent être prévus pour assurer une séquence de démarrage correcte.

Sur des machines nécessitant l'utilisation de plusieurs postes de commande pour initialiser un démarrage:

- chaque poste comportera un appareil de commande manuel de commande de marche séparé;
- toutes les conditions requises pour le fonctionnement de la machine doivent être remplies;
- tous les appareils de commande de marche doivent être en position «relâchée» avant qu'une commande puisse être autorisée;
- tous les appareils de commande de marche doivent être manœuvrés de façon concomitante (voir 3.6).

9.2.5.3 Arrêt

Des arrêts de catégorie 0, 1 et/ou 2 doivent être prévus s'ils sont recommandés par l'évaluation du risque et par les prescriptions fonctionnelles pour la machine (voir 4.1). Les arrêts de catégorie 0 et 1 doivent être opérationnels quel que soit le mode de fonctionnement (voir 9.2.3) et l'arrêt de catégorie 0 doit être prioritaire. Les fonctions d'arrêt doivent être prioritaires sur les fonctions associées de marche (voir 9.2.5.2).

Sur demande, des moyens de raccordement des dispositifs de protection et de verrouillage doivent être prévus. Si ce dispositif de protection ou de verrouillage est à l'origine d'un arrêt de la machine, cela devrait être signalé à la partie logique du système de commande. Le réarmement de la fonction d'arrêt ne doit pas générer de condition dangereuse.

9.2.5.4 Modes d'urgence (arrêt d'urgence, coupure d'urgence)

9.2.5.4.1 Généralités

La présente norme donne des prescriptions relatives à l'arrêt d'urgence et à la coupure d'urgence pour les modes d'urgence indiqués dans l'annexe D. Ces deux modes sont initiés, dans cette norme, par une seule action humaine. Pour d'autres fonctions d'arrêt relatives à la sécurité, voir 11.3.4.

9.2.5.4.2 Arrêt d'urgence

Outre les prescriptions d'un arrêt (voir 9.2.5.3), l'arrêt d'urgence répond aux prescriptions suivantes:

- il doit être prioritaire par rapport à toutes les autres fonctions et commandes dans tous les modes;
- l'énergie sur les actionneurs qui peut occasionner une ou des conditions dangereuses doit être supprimée aussi rapidement que possible, sans créer d'autres risques (par exemple en initiant un dispositif mécanique d'arrêt qui ne nécessite aucune énergie extérieure, par freinage à contre courant pour un arrêt de catégorie 1);
- le réarmement ne doit pas provoquer un redémarrage.

L'arrêt d'urgence doit agir comme un arrêt de catégorie 0 ou 1 (voir 9.2.2). Le choix de la catégorie de l'arrêt d'urgence doit être déterminé en fonction de l'évaluation du risque de la machine.

9.2.5.2 Start

The start of an operation shall be possible only when all of the safeguards are in place and are functional except for conditions as described in 9.2.4.

On those machines (e.g. mobile machines) where safeguards cannot be applied for certain operations, manual control of such operations shall be by hold-to-run controls, together with enabling devices, as appropriate.

Suitable interlocks shall be provided to secure correct sequential starting.

On machines requiring the use of more than one control station to initiate a start:

- each control station shall have a separate manually actuated start control device;
- all required conditions for machine operation shall be met;
- all start control devices shall be in the released (off) position before a start may be permitted;
- all start control devices shall be actuated concurrently (see 3.6).

9.2.5.3 Stop

Category 0, category 1 and/or category 2 stops shall be provided where indicated by the risk assessment and the functional requirements of the machine (see 4.1). Category 0 and category 1 stops shall be operational regardless of operating modes (see 9.2.3) and category 0 shall take priority. Stop functions shall override related start functions (see 9.2.5.2).

Where required, facilities to connect protective devices and interlocks shall be provided. If such a protective device or interlock causes a stop of the machine, it may be necessary for that condition to be signalled to the logic of the control system. The reset of the stop function shall not initiate any hazardous condition.

9.2.5.4 Emergency operations (emergency stop, emergency switching off)

9.2.5.4.1 General

This standard specifies the requirements for the emergency stop and the emergency switching off functions of the emergency operations listed in annex D, both of which are, in this standard, initiated by a single human action. For other safety related stop functions see 11.3.4.

9.2.5.4.2 Emergency stop

In addition to the requirements for stop (see 9.2.5.3), the emergency stop function has the following requirements:

- it shall override all other functions and operations in all modes;
- power to the machine actuators that can cause a hazardous condition(s) shall be removed as quickly as possible without creating other hazards (e.g. by the provision of mechanical means of stopping requiring no external power, by reverse current braking for a category 1 stop);
- reset shall not initiate a restart.

The emergency stop shall function either as a category 0 stop or as a category 1 stop (see 9.2.2). The choice of the category of the emergency stop shall be determined by the risk assessment of the machine.

Si un arrêt de catégorie 0 est utilisé pour la fonction d'arrêt d'urgence, il doit être câblé uniquement en technologie électromécanique. En outre cette fonction ne doit pas dépendre de l'électronique (matériel ou logiciel) ou d'une transmission d'ordres par un réseau ou une liaison de communication.

Si une fonction d'arrêt de catégorie 1 est utilisée pour la fonction d'arrêt d'urgence, la suppression définitive d'énergie aux actionneurs doit être garantie, et elle doit être réalisée au moyen de composants électromécaniques.

9.2.5.4.3 Coupure d'urgence

Les aspects fonctionnels de la coupure d'urgence sont donnés dans la CEI 60364-4-46.

Il convient de fournir une coupure d'urgence dans les cas où:

- la protection contre les contacts directs (par exemple collecteurs, barres, assemblages glissants, ensembles d'appareillage dans des zones de service électrique) est seulement réalisée par mise hors de portée, ou par obstacle (voir 6.2.6); ou
- d'autres dangers ou dommages dus à l'électricité peuvent se produire.

La coupure d'urgence est réalisée par la coupure de l'alimentation de la machine réalisant un arrêt de catégorie 0. Si une machine ne peut supporter un arrêt de catégorie 0, il peut être nécessaire de prévoir une autre protection, par exemple contre les contacts directs de manière que cette coupure d'urgence ne soit pas nécessaire.

9.2.5.5 Contrôle de l'action des commandes

Tout mouvement ou action d'une machine ou d'une partie de machine qui pourrait entraîner une condition dangereuse doit être contrôlé. Pour les machines à commande manuelle, les opérateurs peuvent prévoir ce contrôle. Des situations qui ne peuvent pas être raisonnablement contrôlées par l'opérateur nécessitent des moyens tels que limiteur de position, détection de survitesse des moteurs, détection de surcharge mécanique ou dispositif anti-collision.

9.2.5.6 Commande nécessitant une action maintenue

Une commande nécessitant une action maintenue nécessite une action continue sur le ou les appareils de commande pour être effective.

9.2.5.7 Commande bimanuelle

Il y a trois types de commandes bimanuelles, leur choix dépend de l'évaluation du risque. Ils doivent comporter les caractéristiques suivantes.

Type I: ce type requiert:

- la fourniture de deux appareils de commande imposant une manœuvre concomitante par les deux mains;
- une manœuvre continue durant la condition dangereuse;
- le fonctionnement de la machine doit s'interrompre dès que l'un des deux appareils de commande est relâché, si les conditions restent dangereuses.

Type II: commande de type I nécessitant le relâchement des deux appareils de commande avant qu'un redémarrage de la machine puisse être réinitialisé.

Type III: commande de type II nécessitant une action concomitante des appareils de commande dans les conditions suivantes:

- les appareils de commande doivent être manœuvrés dans un intervalle de temps limité ne dépassant pas 0,5 s (voir annexe B);
- si ce temps limité est dépassé, les deux appareils de commande doivent être relâchés avant qu'un nouveau fonctionnement ne puisse être réinitialisé.

Where a category 0 stop is used for the emergency stop function, it shall have only hard-wired electromechanical components. In addition, its operation shall not depend on electronic logic (hardware or software) or on the transmission of commands over a communications network or link.

Where a category 1 stop is used for the emergency stop function, final removal of power to the machine actuators shall be ensured and carried out by means of electromechanical components.

9.2.5.4.3 *Emergency switching off*

The functional aspects of emergency switching off are given in IEC 60364-4-46.

Emergency switching off should be provided where:

- protection against direct contact (e.g. with collector wires, collector bars, slip-ring assemblies, controlgear in electrical operating areas) is achieved only by placing out of reach or by obstacles (see 6.2.6); or
- there is the possibility of other hazards or damage caused by electricity.

Emergency switching off is accomplished by disconnecting the incoming supply of the machine effecting a category 0 stop. When a machine cannot tolerate the category 0 stop, it may be necessary to provide other protection, for example against direct contact, so that emergency switching off is not necessary.

9.2.5.5 *Monitoring of command actions*

Movement or action of a machine or part of a machine that can result in a hazardous condition shall be monitored. On manually controlled machines, operators can provide some of this monitoring. Conditions that cannot reasonably be expected to be monitored by the operator will require means which may include overtravel limiters, motor overspeed detection, mechanical overload detection or anti-collision devices.

9.2.5.6 *Hold-to-run controls*

Hold-to-run controls shall require continuous actuation of the control device(s) to achieve operation.

9.2.5.7 *Two-hand control*

Three types of two-hand control are available, the selection of which is determined by the risk assessment. These shall have the following features:

Type I: this type requires:

- the provision of two control devices and their concurrent actuation by both hands;
- continuous concurrent actuation during the hazardous condition;
- machine operation shall cease upon the release of either one or both of the control devices when hazardous conditions are still present.

Type II: a type I control requiring the release of both control devices before machine operation may be reinitiated.

Type III: a type II control requiring concurrent actuation of the control devices as follows:

- it shall be necessary to actuate the control devices within a certain time limit of each other, not exceeding 0,5 s (see annex B);
- where this time limit is exceeded, both control devices shall be released before operation may be reinitiated.

9.2.5.8 Dispositif de validation

Un dispositif d'habilitation est un appareil manuel de commande supplémentaire, utilisé en combinaison avec une commande de marche, et qui, continuellement appuyé, autorise le fonctionnement d'une machine.

Lorsqu'un dispositif d'habilitation est prévu comme partie d'un système, sa conception ne doit permettre le mouvement que dans une seule position de l'organe de service. Dans toute autre position, le fonctionnement doit être arrêté.

Il doit présenter les caractéristiques suivantes:

- être connecté à un arrêt de catégorie 0 ou 1 (voir 9.2.2);
- être conçu selon des principes ergonomiques;
- pour le type à deux positions:
 - position 1: interrupteur en fonction mise hors tension (organe de service au repos),
 - position 2: fonction autorisée (organe de service appuyé);
- pour le type à trois positions:
 - position 1: interrupteur en fonction mise hors tension (organe de service au repos),
 - position 2: fonction autorisée (organe de service appuyé en position milieu),
 - position 3: fonction mise hors tension (organe de service appuyé au-delà de la position milieu).

Lors du retour de la position 3 à la position 2, la fonction ne doit pas être autorisée.

9.2.6 Commandes marche-arrêt combinées

Les boutons-poussoirs et appareils de commande analogues, qui alternativement démarrent et arrêtent un mouvement lorsqu'ils sont actionnés, ne doivent être utilisés que pour des fonctions ne produisant pas de condition dangereuse.

9.2.7 Commande sans fil

9.2.7.1 Généralités

Ce paragraphe traite des prescriptions fonctionnelles pour systèmes de commande utilisant des techniques sans fil (par exemple commandes radio, infrarouge) pour la transmission d'ordres et de signaux entre un système de commande de machine et un ou plusieurs postes de commande opérateur.

NOTE – Certaines considérations sur les applications et sur l'intégrité du système peuvent aussi s'appliquer aux fonctions de commande utilisant des techniques de transmission série avec liaison par câble (par exemple coaxial, paire torsadée, optique).

Des moyens doivent être prévus pour débrancher facilement ou sectionner l'alimentation électrique du poste de commande opérateur.

Des moyens (par exemple interrupteur à clé, code d'accès) doivent être prévus, si nécessaire, pour empêcher un usage non autorisé du poste de commande opérateur.

Chaque poste de commande doit indiquer de manière non ambiguë quelle sont la ou les machines destinées à être commandée(s) par le poste.

9.2.7.2 Limitation de la commande

Des mesures doivent être prises pour s'assurer que les commandes affectent:

- uniquement la machine concernée;
- uniquement les fonctions concernées.

Des mesures doivent être prises pour éviter que la machine ne réponde à des signaux autres que ceux des postes de commande opérateur prévus.

9.2.5.8 *Enabling device*

An enabling device is an additional manually operated control device used in conjunction with a start control and which, when continuously actuated, allows a machine to function.

When an enabling device is provided as a part of a system, it shall be designed to allow motion when actuated in one position only. In any other position motion shall be stopped.

It shall have the following features:

- be connected to a category 0 stop or to a category 1 stop (see 9.2.2);
- be designed in consideration of ergonomic principles;
- for a two-position type:
 - position 1: off-function of the switch (actuator is not operated),
 - position 2: enabling function (actuator is operated);
- for a three-position type:
 - position 1: off-function of the switch (actuator is not operated),
 - position 2: enabling function (actuator is operated in its mid position),
 - position 3: off-function (actuator is operated past its mid position).

When returning from position 3 to position 2, the function shall not be enabled.

9.2.6 *Combined start and stop controls*

Push-buttons and similar control devices that, when operated, alternately initiate and stop motion shall only be used for functions which cannot result in a hazardous condition.

9.2.7 *Cableless control*

9.2.7.1 *General*

This subclause deals with the functional requirements of control systems employing cableless (e.g. radio, infra-red) techniques for transmitting commands and signals between a machine control system and operator control station(s).

NOTE – Some of these application and system integrity considerations may also be applicable to control functions employing serial data communication techniques where the communications link uses a cable (e.g. coaxial, twisted-pair, optical).

Means shall be provided to readily remove or disconnect the power supply of the operator control station.

Means (e.g. key operated switch, access code) shall be provided, as necessary, to prevent unauthorized use of the operator control station.

Each operator control station shall carry an unambiguous indication of which machine(s) is intended to be controlled by that operator control station.

9.2.7.2 *Control limitation*

Measures shall be taken to ensure that control commands:

- affect only the intended machine;
- affect only the intended functions.

Measures shall be taken to prevent the machine from responding to signals other than those from the intended operator control station(s).

Si nécessaire, des moyens doivent être prévus pour que la machine ne puisse être commandée qu'à partir de postes de commande opérateur situés dans une ou plusieurs zones ou emplacements prédéterminés.

9.2.7.3 Arrêt

Les postes de commande opérateur doivent comporter un moyen séparé et aisément identifiable pour initier la fonction arrêt de la machine ou de tous les mouvements pouvant entraîner des conditions dangereuses. L'organe de service de la fonction arrêt ne doit pas être marqué ou étiqueté comme un arrêt d'urgence même si la fonction d'arrêt initiée sur la machine peut être une fonction d'arrêt d'urgence.

Une machine équipée de commande sans fil doit disposer de moyens pour initier automatiquement et immédiatement l'arrêt de la machine et pour prévenir les fonctionnements potentiellement dangereux, dans les situations suivantes:

- lors de la réception d'un signal d'arrêt;
- lorsqu'un défaut est détecté dans le système;
- quand un signal de validation n'a pas été détecté pendant un délai spécifié (voir annexe B), à l'exception des machines exécutant des tâches pré-programmées hors du domaine de la commande sans fil lorsqu'aucune condition dangereuse ne peut apparaître.

NOTE – Un signal de validation inclut le signal confirmant que la communication est établie et maintenue.

9.2.7.4 Transmission série

Dans une machine où la commande de fonctions relatives de sécurité repose sur une transmission série, des communications correctes doivent être garanties par l'usage d'une méthode de détection d'erreur apte à traiter au moins trois bits d'erreur par séquence de commande.

NOTE – Les méthodes de détection d'erreurs conformes à la CEI 60870-5-1 sont recommandées.

9.2.7.5 Utilisation de plus d'un poste de commande opérateur

Si une machine a plus d'un poste de commande opérateur, des mesures doivent être prises pour s'assurer qu'un seul poste de commande peut commander la machine à un instant donné. L'indication du poste en service doit être prévue à des emplacements appropriés en fonction de l'évaluation du risque.

Exception: une commande d'arrêt doit être effective à partir de n'importe quel poste de commande si l'évaluation du risque de la machine l'exige.

9.2.7.6 Postes de commande opérateur alimentés par accumulateurs

Une variation de la tension des accumulateurs d'alimentation ne doit pas conduire à une condition dangereuse. Si un ou plusieurs mouvements potentiellement dangereux sont commandés par un poste de commande opérateur alimenté par accumulateurs, une indication claire doit avertir l'opérateur lorsque la tension des accumulateurs est en dehors des limites spécifiées. Dans ce cas, le poste doit rester opérationnel suffisamment longtemps pour mettre la machine dans une condition non dangereuse.

9.3 Protection par verrouillage

9.3.1 Refermeture ou remise en place d'un protecteur de sécurité inter-verrouillé

Le refermeture ou la remise en place d'un protecteur de sécurité inter-verrouillé ne doit pas entraîner de mouvement ou de fonctionnement de la machine si cela peut conduire à une condition dangereuse.

Where necessary, means shall be provided so that the machine can only be controlled from operator control stations in one or more predetermined zones or locations.

9.2.7.3 *Stop*

Operator control stations shall include a separate and clearly identifiable means to initiate the stop function of the machine or of all the motions that can cause a hazardous condition. The actuating means to initiate this stop function shall not be marked or labelled as an emergency stop device, even though the stop function initiated on the machine can be an emergency stop function.

A machine which is equipped with cableless control shall have a means of automatically initiating the stopping of the machine and of preventing a potentially hazardous operation, in the following situations:

- when a stop signal is received;
- when a fault is detected in the system;
- when a valid signal has not been detected within a specified period of time (see annex B), except when a machine is executing a pre-programmed task taking it outside the range of the cableless control where no hazardous condition can occur.

NOTE – A valid signal includes the signal that confirms that communication is established and maintained.

9.2.7.4 *Serial data communication*

In a machine where the control of safety-related functions relies on serial data transfer, correct communications shall be ensured by using an error detection method that is able to cope with up to three error bits in any command sequence.

NOTE – Error detection methods in accordance with IEC 60870-5-1 are recommended.

9.2.7.5 *Use of more than one operator control station*

Where a machine has more than one operator control station, measures shall be taken to ensure that only one control station can be enabled at a given time. An indication of which operator control station is in control of the machine shall be provided at suitable locations as determined by the risk assessment of the machine.

Exception: a stop command from any one of the control stations shall be effective when required by the risk assessment of the machine.

9.2.7.6 *Battery-powered operator control stations*

A variation in the battery voltage shall not cause a hazardous condition. If one or more potentially hazardous motions are controlled using a battery-powered operator control station, a clear warning shall be given to the operator when a variation in battery voltage exceeds specified limits. Under those circumstances, the operator control station shall remain functional long enough to put the machine into a non-hazardous condition.

9.3 *Protective interlocks*

9.3.1 *Reclosing or resetting of an interlocking safeguard*

The reclosing or resetting of an interlocking safeguard shall not initiate machine motion or operation where that can result in a hazardous condition.

9.3.2 Limites de surcourse

Si une surcourse peut provoquer une condition dangereuse, un capteur de position ou un interrupteur de position doit être prévu pour initier une action de commande appropriée.

9.3.3 Fonctions auxiliaires

Le fonctionnement correct des fonctions auxiliaires doit être contrôlé par des dispositifs appropriés (par exemple capteur de pression).

Si l'absence de fonctionnement d'un moteur ou d'un dispositif relatif à une fonction auxiliaire (par exemple lubrification, refroidissement ou évacuation des copeaux) peut conduire à une condition dangereuse, causer des dommages à la machine, ou aux en-cours, un verrouillage approprié doit être prévu.

9.3.4 Inter-verrouillage entre opérations différentes et pour des mouvements contraires

Tous les contacteurs, relais et autres appareils de commande qui commandent des éléments de la machine et sont susceptibles d'entraîner des conditions dangereuses quand ils sont manœuvrés en même temps (par exemple commande simultanée de deux mouvements contraires) doivent être inter-verrouillés en vue d'interdire des opérations incorrectes.

Les contacteurs inverseurs (c'est-à-dire contrôlant le sens de rotation d'un moteur) doivent être inter-verrouillés de telle sorte qu'en service normal, aucun court-circuit ne puisse se produire à l'instant de la commutation.

Si, par sécurité, ou pour assurer la continuité de fonctionnement, certaines fonctions de la machine doivent être en corrélation, une coordination adéquate doit être assurée par un inter-verrouillage approprié. Pour un ensemble de machines fonctionnant ensemble, de façon coordonnée et munies de plus d'un équipement de commande, on doit prendre des mesures pour coordonner le fonctionnement des équipements de commande, autant que nécessaire.

Lorsqu'une défaillance de l'organe de commande d'un frein mécanique peut entraîner le fonctionnement du frein lors de la mise sous tension de l'actionneur correspondant, et que cela peut entraîner une condition dangereuse, un inter-verrouillage doit être prévu pour mettre hors tension l'actionneur.

9.3.5 Freinage par contre-courant

Quand on utilise un freinage par contre-courant pour un moteur, des mesures efficaces doivent être prises pour éviter l'inversion du sens de marche à la fin du freinage quand cette inversion peut entraîner une condition dangereuse ou endommager la machine ou les en-cours. L'usage d'un dispositif agissant exclusivement en fonction du temps n'est pas admis à cet effet.

Les circuits de commande doivent être conçus pour que la rotation d'un arbre de moteur, par exemple à la main, n'entraîne pas de condition dangereuse.

9.4 Fonctions de commande en cas de défaillance

9.4.1 Prescriptions générales

Quand des défaillances ou des perturbations de l'équipement électrique peuvent entraîner une condition dangereuse ou endommager la machine ou les en-cours, des mesures appropriées doivent être prises pour minimiser la probabilité d'apparition de telles défaillances ou perturbations. Les mesures prescrites et leur importance, tant unitaires que combinées, dépendent du niveau de risque associé à leur utilisation (voir 4.1).

9.3.2 *Overtravel limits*

Where an overtravel can cause a hazardous condition, a position sensor or limit switch shall be provided to initiate appropriate control action.

9.3.3 *Operation of auxiliary functions*

The correct operation of auxiliary functions shall be checked by appropriate devices (e.g. pressure sensors).

Where the non-operation of a motor or device for an auxiliary function (e.g. lubrication, supply of coolant, swarf removal) can cause a hazardous condition, or cause damage to the machine or to the work in progress, appropriate interlocking shall be provided.

9.3.4 *Interlocks between different operations and for contrary motions*

All contactors, relays, and other control devices that control elements of the machine and that can cause a hazardous condition when actuated at the same time (e.g. those which initiate contrary motion), shall be interlocked against incorrect operation.

Reversing contactors (e.g. those controlling the direction of rotation of a motor) shall be interlocked in such a way that in normal service no short circuit can occur when switching.

Where, for safety or for continuous operation, certain functions on the machine are required to be interrelated, proper co-ordination shall be ensured by suitable interlocks. For a group of machines working together in a co-ordinated manner and having more than one controller, provision shall be made to co-ordinate the operations of the controllers as necessary.

Where a failure of a mechanical brake actuator can result in the brake being applied when the associated machine actuator is energized and a hazardous condition can result, interlocks shall be provided to switch off the machine actuator.

9.3.5 *Reverse current braking*

Where reverse current braking is used on a motor, effective measures shall be taken to avoid the motor starting in the opposite direction at the end of braking where that reversal can cause a hazardous condition or damage to the machine or to the work in progress. For this purpose, the use of a device operating exclusively as a function of time shall not be allowed.

Control circuits shall be so arranged that rotation of a motor shaft, (e.g. manually), shall not result in a hazardous condition.

9.4 *Control functions in the event of failure*

9.4.1 *General requirements*

Where failures or disturbances in the electrical equipment can cause a hazardous condition or damage to the machine or to the work in progress, appropriate measures shall be taken to minimize the probability of the occurrence of such failures or disturbances. The required measures and the extent to which they are implemented, either individually or in combination, depend on the level of risk associated with the respective application (see 4.1).

Les mesures pour diminuer ces risques comprennent, de façon non limitative:

- les appareils de protection sur la machine (par exemple protecteurs inter-verrouillés, dispositifs sensibles);
- le verrouillage de protection des circuits électriques;
- l'utilisation de schémas et composants éprouvés (voir 9.4.2.1);
- la redondance partielle ou complète (voir 9.4.2.2) ou la diversité (voir 9.4.2.3);
- la mise en œuvre des essais fonctionnels (voir 9.4.2.4).

En général, seules les défaillances uniques sont à prendre en compte. En cas de niveau de risque plus élevé, il peut être nécessaire de s'assurer que plus d'une défaillance ne peut aboutir à une condition dangereuse.

9.4.2 Mesures pour minimiser les risques en cas de défaillance

9.4.2.1 Utilisation de schémas et de composants éprouvés

Ces mesures comprennent, de façon non limitative:

- l'équipotentialité des circuits de commande au circuit de protection, dans un but opérationnel (9.4.3.1);
- le raccordement des appareils de commande conformément à 9.1.4;
- l'arrêt par coupure de l'énergie (9.2.2);
- la coupure de tous les conducteurs actifs de l'appareil contrôlé (voir 9.4.3.1);
- l'utilisation d'appareils de connexion à manœuvre positive (ou directe) d'ouverture (voir la CEI 60947-5-1);
- une conception du circuit pour réduire la possibilité de défaillances provoquant des fonctionnements indésirables.

9.4.2.2 Redondance

Par la mise en œuvre de redondance partielle ou complète, il est possible de minimiser la probabilité qu'une seule défaillance du circuit électrique ne conduise à une condition dangereuse. La redondance peut être effective en fonctionnement normal (redondance en ligne) ou réalisée par des circuits spéciaux qui prennent en charge la fonction de protection uniquement si le fonctionnement normal est perturbé (redondance hors ligne).

Quand on utilise une redondance hors ligne qui n'est pas active en fonctionnement normal, des mesures appropriées doivent être prises pour garantir que ces circuits de commande seront disponibles en cas de besoin.

9.4.2.3 Utilisation de la diversité

L'usage de circuits de commande fonctionnant selon des principes différents ou utilisant des appareils de types différents peut réduire la probabilité de dangers causés par des défauts et/ou des défaillances. Par exemple:

- en combinant des contacts normalement ouverts et normalement fermés actionnés par des protecteurs inter-verrouillés;
- en utilisant des composants de types différents dans le circuit;
- en combinant des circuits électromécaniques et électroniques dans des configurations redondantes;
- en combinant des technologies électriques et non électriques (par exemple mécanique, hydraulique, pneumatique), on peut obtenir des fonctions redondantes et mettre en œuvre la diversité.

9.4.2.4 Essais fonctionnels

Les essais fonctionnels peuvent être effectués automatiquement par le système de commande, ou manuellement par inspection ou essais, au démarrage et à intervalles prédéterminés, ou par combinaison suivant les cas (voir aussi 18.2 et 19.6).

Measures to reduce those risks include but are not limited to:

- protective devices on the machine (e.g. interlocking guards, trip devices);
- protective interlocking of the electrical circuit;
- use of proven circuit techniques and components (see 9.4.2.1);
- provision of partial or complete redundancy (see 9.4.2.2) or diversity (see 9.4.2.3);
- provision for functional tests (see 9.4.2.4).

In general, only single failures are to be regarded. In the event of higher levels of risk, it may be necessary to ensure that more than one failure cannot result in a hazardous condition.

9.4.2 Measures to minimize risk in the event of failure

9.4.2.1 Use of proven circuit techniques and components

These measures include but are not limited to:

- bonding of control circuits to the protective bonding circuit for operational purposes (see 9.4.3.1);
- connection of control devices in accordance with 9.1.4;
- stopping by de-energizing (see 9.2.2);
- the switching of all live conductors to the device being controlled (see 9.4.3.1);
- the use of switching devices having positive (or direct) opening operation (see IEC 60947-5-1);
- circuit design to reduce the possibility of failures causing undesirable operations.

9.4.2.2 Provisions for redundancy

By providing partial or complete redundancy it is possible to minimize the probability that one single failure in the electrical circuit can result in a hazardous condition. Redundancy can be effective in normal operation (i.e. on-line redundancy) or designed as special circuits that take over the protective function (i.e. off-line redundancy) only where the operating function fails.

Where off-line redundancy which is not active during normal operation is used, suitable measures shall be taken to ensure that those control circuits are available when required.

9.4.2.3 Use of diversity

The use of control circuits having different principles of operation or using different types of devices may reduce the probability of hazards resulting from faults and/or failures. Examples include:

- the combination of normally open and normally closed contacts operated by interlocking guards;
- the use of different types of control circuit components in the circuit;
- the combination of electromechanical and electronic circuits in redundant configurations;
- the combination of electrical and non-electrical systems (e.g. mechanical, hydraulic, pneumatic) may perform the redundant function and provide the diversity.

9.4.2.4 Functional tests

Functional tests may be carried out automatically by the control system, or manually by inspection or tests at start-up and at predetermined intervals, or a combination as appropriate (see also 18.2 and 19.6).

9.4.3 *Protection contre des fausses manœuvres dues aux défauts de masse, aux interruptions de tension et aux pertes de continuité de circuit*

9.4.3.1 *Défauts de masse*

Les défauts de masse sur un circuit de commande quelconque ne doivent pas provoquer de départ intempestif, de mouvement potentiellement dangereux, ou empêcher l'arrêt de la machine.

Afin de satisfaire cette exigence, la liaison équipotentielle au circuit de protection peut être conforme à 8.2 et les appareils peuvent être câblés conformément à 9.1.4. Les circuits de commande qui sont alimentés à partir d'un transformateur et qui ne sont pas raccordés au circuit de protection doivent être équipés d'un circuit de surveillance d'isolement, soit indiquant un défaut de masse, soit interrompant automatiquement ce circuit en présence d'un défaut de masse.

Si le circuit de commande est directement raccordé entre les conducteurs de phase de l'alimentation, ou entre un conducteur de phase et un conducteur neutre qui, soit n'est pas relié à la terre, soit est relié à la terre à travers une impédance élevée, des auxiliaires de commande à coupure multipolaire interrompant tous les conducteurs actifs doivent être utilisés pour les fonctions MARCHE ou ARRÊT des machines pouvant entraîner une condition dangereuse ou endommager la machine ou les en-cours en cas de démarrage intempestif ou de défaillance de l'arrêt.

9.4.3.2 *Interruptions de tension*

Les spécifications détaillées en 7.5 doivent être appliquées.

Quand le circuit de commande utilise un ou plusieurs dispositifs à mémoire, un fonctionnement correct doit être assuré en cas de défaillance de l'alimentation (par exemple en utilisant une mémoire non volatile) pour éviter une perte du contenu de la mémoire pouvant entraîner une condition dangereuse.

9.4.3.3 *Perte de continuité de circuit*

Lorsque la perte de continuité de circuits de commande relatifs à la sécurité, dépendant de contacts glissants, peut entraîner une condition dangereuse, des mesures appropriées doivent être prévues pour ces contacts (par exemple duplication de contacts glissants).

10 **Interface opérateur et appareils de commande montés sur la machine**

10.1 *Généralités*

10.1.1 *Prescriptions générales pour les dispositifs*

Cet article donne les prescriptions pour les dispositifs montés à l'extérieur ou partiellement à l'extérieur des enveloppes de commande.

Pour autant qu'il est possible, ces dispositifs doivent être choisis, montés, identifiés et codés conformément à la CEI 60073 et à la CEI 60447.

10.1.2 *Emplacement et montage*

Autant que possible, les appareils de commande montés sur la machine doivent être:

- facilement accessibles pour le fonctionnement et la maintenance;
- montés de façon à minimiser la possibilité de dommages dus à des activités telles que des matériels de manutention.

9.4.3 *Protection against maloperation due to earth faults, voltage interruptions and loss of circuit continuity*

9.4.3.1 *Earth faults*

Earth faults on any control circuit shall not cause unintentional starting, potentially hazardous motions, or prevent stopping of the machine.

In order to fulfil this requirement, bonding to the protective bonding circuit may be provided in accordance with 8.2 and the devices may be connected as described in 9.1.4. Control circuits fed from a transformer and not connected to the protective bonding circuit shall be provided with an insulation monitoring device that either indicates an earth fault or interrupts the circuit automatically after an earth fault.

Where the control circuit is directly connected between the phase conductors of the supply or between a phase conductor and a neutral conductor that is not earthed or is earthed through a high impedance, multi-pole control switches that interrupt all live conductors shall be used for START or STOP of those machine functions that can cause a hazardous condition or damage to the machine in the event of unintentional starting or failure to stop.

9.4.3.2 *Voltage interruptions*

The requirements detailed in 7.5 shall apply.

Where the control system uses a memory device(s), proper functioning in the event of power failure shall be ensured (e.g. by using a non-volatile memory) to prevent any loss of memory that can result in a hazardous condition.

9.4.3.3 *Loss of circuit continuity*

Where the loss of continuity of safety-related control circuits depending upon sliding contacts can result in a hazardous condition, appropriate measures shall be taken (e.g. by duplication of the sliding contacts).

10 **Operator interface and machine-mounted control devices**

10.1 *General*

10.1.1 *General device requirements*

This clause contains requirements for devices mounted outside or partially outside control enclosures.

As far as is practicable, those devices shall be selected, mounted, and identified or coded in accordance with IEC 60073 and IEC 60447.

10.1.2 *Location and mounting*

As far as is practicable, machine-mounted control devices shall be:

- readily accessible for service and maintenance;
- mounted in such a manner as to minimize the possibility of damage from activities such as material handling.

Les organes de commande des appareils manœuvrés à la main doivent être choisis et installés de façon à:

- ne pas se trouver à moins de 0,6 m au dessus du plancher de service et être aisément accessibles par l'opérateur lorsqu'il est dans sa position normale de travail;
- ne pas placer l'opérateur en condition dangereuse lors de leur manœuvre;
- minimiser la possibilité de manœuvre intempestive.

10.1.3 Protection

Une fois montés comme prévu, l'interface de l'opérateur et les appareils de commande montés sur la machine doivent supporter les contraintes correspondant à leur usage attendu. Le degré de protection (voir la CEI 60529) ainsi que les autres mesures adéquates doivent procurer la protection contre:

- les effets des liquides, vapeurs, ou gaz agressifs qui se trouvent dans l'environnement physique, ou sont utilisés sur la machine;
- l'entrée des corps étrangers polluants (par exemple copeaux, poussière, particules).

De plus, les appareils de commande de l'interface opérateur doivent présenter un degré minimal de protection contre le contact direct de IPXXD (voir la CEI 60529).

10.1.4 Capteurs de position

Les capteurs de position (par exemple fin de course, détecteur de proximité) doivent être disposés de telle façon qu'ils ne soient pas endommagés dans le cas de surcourse.

Les capteurs de position utilisés dans des circuits ayant des fonctions relatives à la sécurité doivent être soit à manœuvre positive (ou directe) d'ouverture (voir la CEI 60947-5-1), soit présenter une fiabilité équivalente (voir 9.4.2).

10.1.5 Postes de commande portatifs et pendants

Les poste de commande opérateur portatifs et pendants et leurs appareils de commande doivent être choisis et disposés de façon à réduire les possibilités de fonctionnement intempestifs de la machine en raison de chocs ou de vibrations (par exemple si le poste de commande chute ou heurte un obstacle.)

10.2 Boutons-poussoirs

10.2.1 Couleurs

Les organes de service à bouton-poussoir doivent être conformes au code de couleur du tableau 2.

Les couleurs préférées pour les organes de service MARCHE/MISE SOUS TENSION sont le BLANC, le GRIS ou le NOIR avec une préférence pour BLANC. Le VERT est aussi permis. Le ROUGE ne doit pas être utilisé.

La couleur ROUGE doit être utilisée pour les organes de service d'arrêt ou de coupure d'urgence.

Pour les organes de service ARRÊT/MISE HORS TENSION, les couleurs devront être le NOIR, le GRIS ou le BLANC avec une préférence pour NOIR. Le VERT ne doit pas être utilisé. Le ROUGE est aussi permis, mais il est recommandé que le ROUGE ne soit pas utilisé à proximité d'un appareil d'arrêt d'urgence.

BLANC, GRIS et NOIR sont les couleurs préférées pour les organes de service à bouton-poussoir qui agissent alternativement comme MARCHE/MISE SOUS TENSION et ARRÊT/MISE HORS TENSION. Les couleurs ROUGE, JAUNE ou VERTE ne doivent pas être utilisés (voir aussi 9.2.6).

BLANC, GRIS et NOIR sont les couleurs préférées pour les organes de commandes à bouton-poussoir qui provoquent le fonctionnement lorsqu'ils sont manœuvrés et cessent le fonctionnement lorsqu'ils sont relâchés (exemple organes nécessitant une action maintenue). Les couleurs ROUGE, JAUNE et VERTE ne doivent pas être utilisées.

The actuators of hand-operated control devices shall be selected and installed so that:

- they are not less than 0,6 m above the servicing level and are within easy reach of the normal working position of the operator;
- the operator is not placed in a hazardous situation when operating them;
- the possibility of inadvertent operation is minimized.

10.1.3 Protection

Where mounted as intended, operator interface and machine mounted control devices shall withstand the stresses of expected use. The degree of protection (see IEC 60529) together with other appropriate measures shall afford protection against:

- the effects of aggressive liquids, vapours, or gases found in the physical environment or used on the machine;
- the ingress of contaminants (e.g. swarf, dust, particulate matter).

In addition, the operator interface control devices shall have a minimum degree of protection against direct contact of IPXXD (see IEC 60529).

10.1.4 Position sensors

Position sensors (e.g. position switches, proximity switches) shall be so arranged that they will not be damaged in the event of overtravel.

Position sensors used in circuits with safety-related functions either shall have positive (or direct) opening operation (see IEC 60947-5-1) or shall provide similar reliability (see 9.4.2).

10.1.5 Portable and pendant control stations

Portable and pendant operator control stations and their control devices shall be so selected and arranged as to minimize the possibility of inadvertent machine operations caused by shocks and vibrations (e.g. if the operator control station is dropped or strikes an obstruction).

10.2 Push-buttons

10.2.1 Colours

Push-button actuators shall be colour-coded in accordance with table 2.

The colours for START/ON actuators should be WHITE, GREY or BLACK with a preference for WHITE. GREEN is also permitted. RED shall not be used.

The colour RED shall be used for emergency stop and emergency switching off actuators.

The colours for STOP/OFF actuators should be BLACK, GREY, or WHITE with a preference for BLACK. GREEN shall not be used. RED is also permitted, but it is recommended that RED is not used near an emergency operation device.

WHITE, GREY, or BLACK are the preferred colours for push-button actuators that alternately act as START/ON and STOP/OFF push-buttons. The colours RED, YELLOW, or GREEN shall not be used (see also 9.2.6).

WHITE, GREY, or BLACK are the preferred colours for push-button actuators that cause operation while they are actuated and cease the operation when they are released (e.g. hold-to-run). The colours RED, YELLOW, or GREEN shall not be used.

Les organes de commande à bouton-poussoir pour le réarmement doivent être BLEUS, BLANCS, GRIS ou NOIRS. Lorsqu'ils servent aussi de bouton ARRÊT/MISE HORS TENSION, les couleurs BLANCHE, GRISE ou NOIRE sont préférées avec grande préférence pour le NOIR. Le VERT ne doit pas être utilisé.

Tableau 2 – Code de couleurs pour organes de commande à bouton-poussoir et leur signification

Couleur	Signification	Explication	Exemple d'application
ROUGE	Urgence	Action en cas de conditions dangereuses ou d'urgence	Arrêt d'urgence Initiation d'une fonction d'urgence (voir aussi 10.2.1)
JAUNE	Anormal	Actionner en cas de condition anormale	Intervention pour supprimer une condition anormale Intervention pour remettre en route un cycle automatiquement interrompu
VERT	Normal	Actionner pour initier des conditions normales	(Voir 10.2.1)
BLEU	Obligatoire	Actionner en cas de condition nécessitant une action obligatoire	Fonction de réarmement
BLANC	Pas de signification spécifique assignée	Pour initiation générale de fonctions sauf l'arrêt d'urgence (voir note)	MARCHE/MISE SOUS TENSION (préférées) ARRÊT/MISE HORS TENSION
GRIS			MARCHE/MISE SOUS TENSION ARRÊT/MISE HORS TENSION
NOIR			MARCHE/MISE SOUS TENSION ARRÊT/MISE HORS TENSION (préférée)

NOTE – Lorsqu'un moyen supplémentaire de codage (par exemple forme, position, texture) est utilisé pour l'identification des organes de service à bouton poussoir, la même couleur BLANC, GRIS ou NOIR peut être utilisée pour différentes fonctions (par exemple BLANC pour organes de commande MARCHE/MISE SOUS TENSION et BLANC pour organe de commande ARRÊT/MISE HORS TENSION).

10.2.2 Marquages

En plus de l'identification fonctionnelle décrite en 17.3, il est recommandé de marquer les boutons-poussoirs avec les symboles ci-dessous soit à côté ou de préférence directement sur les organes de commande:

MARCHE ou MISE SOUS TENSION	ARRÊT ou MISE HORS TENSION	Boutons-poussoirs provoquant en alternance MARCHE et ARRÊT ou MISE SOUS TENSION et MISE HORS TENSION	Boutons-poussoirs provoquant un mouvement lorsqu'ils sont manœuvrés et un arrêt lorsqu'ils sont relâchés (c'est-à-dire nécessitant une action maintenue)
60417-2-IEC-5007	60417-2-IEC-5008	60417-2-IEC-5010	60417-2-IEC-5011
			

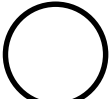
Reset push-buttons shall be BLUE, WHITE, GREY, or BLACK. Where they also act as a STOP/OFF button, the colours WHITE, GREY, or BLACK are preferred with the main preference being for BLACK. GREEN shall not be used.

Table 2 – Colour-coding for push-button actuators and their meanings

Colour	Meaning	Explanation	Examples of application
RED	Emergency	Actuate in the event of a hazardous condition or emergency	Emergency stop Initiation of emergency function (see also 10.2.1)
YELLOW	Abnormal	Actuate in the event of an abnormal condition	Intervention to suppress abnormal condition Intervention to restart an interrupted automatic cycle
GREEN	Normal	Actuate to initiate normal conditions	(See 10.2.1)
BLUE	Mandatory	Actuate for a condition requiring mandatory action	Reset function
WHITE	No specific meaning assigned	For general initiation of functions except for emergency stop (see note)	START/ON (preferred) STOP/OFF
GREY			START/ON STOP/OFF
BLACK			START/ON STOP/OFF (preferred)
NOTE – Where a supplemental means of coding (e.g. shape, position, texture) is used for the identification of push-button actuators, then the same colour WHITE, GREY, or BLACK may be used for various functions (e.g. WHITE for START/ON and for STOP/OFF actuators).			

10.2.2 Markings

In addition to the functional identification as described in 17.3, it is recommended that push-buttons be marked, near to or preferably directly on the actuators, with the following symbols:

START or ON	STOP or OFF	Push-buttons acting alternately as START or STOP buttons and as ON or OFF buttons	Push-buttons acting as START or ON buttons when pressed and as STOP or OFF buttons when released (i.e. hold-to-run)
60417-2-IEC-5007 	60417-2-IEC-5008 	60417-2-IEC-5010 	60417-2-IEC-5011 

10.3 Voyants lumineux de signalisation

10.3.1 Modes d'utilisation

Les voyants lumineux de signalisation et les dispositifs d'affichage servent à délivrer les types d'informations suivants:

- indication: pour attirer l'attention de l'opérateur ou pour lui indiquer qu'une tâche déterminée devra être exécutée. Les couleurs ROUGE, JAUNE, VERTE et BLEUE sont normalement utilisées dans ce mode;
- confirmation: pour confirmer un ordre, une condition, ou pour confirmer la fin d'un changement ou d'une période de transition. Les couleurs BLEUE et BLANCHE sont normalement utilisées dans ce mode, et la couleur VERTE peut être utilisée dans certains cas.

10.3.2 Couleurs

A moins d'accord contraire entre le fournisseur et l'utilisateur, les verrines des voyants lumineux de signalisation doivent suivre le code de couleurs donné au tableau 3 en fonction de la condition (l'état) de la machine. Conformément à la CEI 60073, d'autres significations peuvent être données aux couleurs conformément à l'un des critères suivants:

- sécurité des personnes et de l'environnement;
- état de l'équipement électrique.

Tableau 3 – Couleurs des voyants lumineux de signalisation et leur signification suivant la condition de la machine

Couleur	Signification	Explication	Action de l'opérateur
ROUGE	Urgence	Condition dangereuse	Action immédiate pour traiter la condition dangereuse (par exemple action de l'arrêt d'urgence)
JAUNE	Anormal	Condition anormale Emergence d'une condition critique	Surveillance et/ou intervention (par exemple en rétablissant la fonction prévue)
VERT	Normal	Condition normale	Optionnel
BLEU	Obligatoire	Indication d'une condition nécessitant une action de l'opérateur	Action obligatoire
BLANC	Neutre	Autres conditions; peut être utilisée si un doute subsiste en utilisant les couleurs ROUGE, JAUNE, VERT et BLEU	Surveillance

10.3.3 Feux clignotants

Pour une distinction ou une information supplémentaire et particulièrement pour attirer davantage l'attention, des feux clignotants peuvent être utilisés pour les usages suivants:

- pour attirer l'attention;
- pour exiger une action immédiate;
- pour indiquer une discordance entre l'ordre et l'état réel;
- pour indiquer un changement en cours (clignotement pendant la transition).

Il est recommandé d'utiliser des feux clignotants à fréquence plus élevée pour l'information de priorité supérieure (voir la CEI 60073 pour les taux de clignotement et le rapport impulsion/pause).

10.3 Indicator lights and displays

10.3.1 Modes of use

Indicator lights and displays serve to give the following types of information:

- indication: to attract the operator's attention or to indicate that a certain task should be performed. The colours RED, YELLOW, GREEN, and BLUE are normally used in this mode;
- confirmation: to confirm a command, or a condition, or to confirm the termination of a change or transition period. The colours BLUE and WHITE are normally used in this mode and GREEN may be used in some cases.

10.3.2 Colours

Unless otherwise agreed between the supplier and the user, indicator (pilot) light lenses shall be colour-coded with respect to the condition (status) of the machine in accordance with table 3. Alternative meanings may be assigned (see IEC 60073) in accordance with one of the following criteria:

- the safety of persons and the environment;
- the state of the electrical equipment.

Table 3 – Colours for indicator lights and their meanings with respect to the condition of the machine

Colour	Meaning	Explanation	Action by operator
RED	Emergency	Hazardous condition	Immediate action to deal with hazardous condition (e.g. by operating emergency stop)
YELLOW	Abnormal	Abnormal condition Impending critical condition	Monitoring and/or intervention (e.g. by re-establishing the intended function)
GREEN	Normal	Normal condition	Optional
BLUE	Mandatory	Indication of a condition that requires action by the operator	Mandatory action
WHITE	Neutral	Other conditions; may be used whenever doubt exists about the application of RED, YELLOW, GREEN, BLUE	Monitoring

10.3.3 Flashing lights

For further distinction or information and especially to give additional emphasis, flashing lights may be used for the following purposes :

- to attract attention;
- to request immediate action;
- to indicate a discrepancy between the command and actual state;
- to indicate a change in process (flashing during transition).

It is recommended that higher frequency flashing lights be used for higher priority information (see IEC 60073 for recommended flashing rates and pulse/pause ratios).

10.4 Boutons-poussoirs lumineux

Les organes de commande des boutons-poussoirs lumineux doivent être colorés conformément aux tableaux 2 et 3. En cas de difficultés pour assigner une couleur appropriée, le BLANC doit être utilisé. La couleur ROUGE pour l'organe de commande d'arrêt d'urgence ne doit pas dépendre de l'éclairage de son ampoule.

10.5 Appareils de commande rotatifs

Les appareils ayant une partie rotative tels que potentiomètres et commutateurs doivent être montés de façon à empêcher la rotation de la partie fixe. La friction seule ne doit pas être suffisante.

10.6 Dispositifs de démarrage

Les organes de commande utilisés pour produire une fonction de démarrage ou le mouvement d'éléments de machine (par exemple coulisseaux, broches, chariots) doivent être construits et montés de façon à réduire les manœuvres intempestives. Cependant, des organes de commande du type champignon sont permis pour la commande bimanuelle.

10.7 Appareils d'arrêt d'urgence

10.7.1 Emplacement

Les appareils d'arrêt d'urgence doivent être facilement accessibles.

Les appareils d'arrêt d'urgence doivent être placés à chaque poste de commande opérateur et aux autres emplacements de commande où l'initiation d'un arrêt d'urgence peut être prescrit (**exception**: voir 9.2.7.3).

10.7.2 Type

Les types d'appareil d'arrêt d'urgence comprennent:

- un bouton-poussoir;
- un interrupteur actionné par câble;
- un interrupteur à commande par pédale, sans garde mécanique.

Ils doivent être du type à blocage automatique et doivent être à manœuvre positive (ou directe) d'ouverture (voir la CEI 60947-5-1).

10.7.3 Rétablissement du fonctionnement normal après l'arrêt d'urgence

Il ne doit pas être possible de rétablir le circuit d'arrêt d'urgence tant que l'appareil d'arrêt d'urgence n'a pas été manuellement réarmé. Lorsque différents appareils d'arrêt d'urgence sont prévus dans un circuit, il ne doit pas être possible de rétablir ce circuit tant que tous les appareils d'arrêt d'urgence manœuvrés préalablement n'ont pas été réarmés.

10.7.4 Organes de commande

Les organes de commandes des arrêts d'urgence doivent être de couleur ROUGE. S'il existe un fond derrière l'organe de commande du dispositif, il doit être de couleur JAUNE. Si l'organe de commande est un bouton-poussoir, il doit être du type coup-de-poing ou champignon.

10.7.5 Manœuvre locale du sectionneur de l'alimentation pour effectuer un arrêt d'urgence

Le sectionneur peut être directement utilisé pour effectuer un arrêt d'urgence si:

- il est facilement accessible pour l'opérateur;
- il est du type défini en 5.3.2 a), b) ou c).

S'il est prévu pour cet usage, il doit satisfaire les spécifications de couleur de 10.7.4.

10.4 *Illuminated push-buttons*

Illuminated push-button actuators shall be colour-coded in accordance with tables 2 and 3. Where there is difficulty in assigning an appropriate colour, WHITE shall be used. The colour RED for the emergency stop actuator shall not depend on the illumination of its light.

10.5 *Rotary control devices*

Devices having a rotational member, such as potentiometers and selector switches, shall be mounted in such a way as to prevent rotation of the stationary member. Friction alone shall not be sufficient.

10.6 *Start devices*

Actuators used to initiate a start function or the movement of machine elements (e.g. slides, spindles, carriers) shall be constructed and mounted so as to minimize inadvertent operation. However, mushroom-type actuators may be used for two-hand control.

10.7 *Devices for emergency stop*

10.7.1 *Location*

Devices for emergency stop shall be readily accessible.

Emergency stop devices shall be located at each operator control station and at other locations where the initiation of an emergency stop can be required (**exception**: see 9.2.7.3).

10.7.2 *Types*

The types of device for emergency stop include:

- a push-button operated switch;
- a pull-cord operated switch;
- a pedal-operated switch without a mechanical guard.

The devices shall be of the self-latching type and shall have positive (or direct) opening operation (see IEC 60947-5-1).

10.7.3 *Restoration of normal function after emergency stop*

It shall not be possible to restore an emergency stop circuit until the emergency stop device has been manually reset. Where several emergency stop devices are provided in a circuit, it shall not be possible to restore that circuit until all emergency stop devices that have been operated have been reset.

10.7.4 *Actuators*

Actuators of emergency stop devices shall be coloured RED. The background immediately around the actuator shall be coloured YELLOW. The actuator of a push-button operated emergency stop device shall be of the palm or mushroom head type.

10.7.5 *Local operation of the supply disconnecting device to effect emergency stop*

The supply disconnecting device may be locally operated to serve the function of emergency stop when:

- it is readily accessible to the operator;
- it is of the type described in 5.3.2 a), b) or c).

When intended for such use, the supply disconnecting device shall meet the colour requirements of 10.7.4.

10.8 Appareils de coupure d'urgence

10.8.1 Emplacement

Les appareils de coupure d'urgence doivent être situés selon ce qui est nécessaire pour l'application donnée. Normalement, ces appareils sont situés hors des postes de commande opérateurs. Cependant, s'il peut être nécessaire d'initier la fonction de coupure d'urgence depuis le poste de commande opérateur, il n'est pas nécessaire d'équiper ce poste de commande avec un appareil d'arrêt d'urgence puisque la coupure d'urgence réalise un arrêt d'urgence de catégorie 0.

10.8.2 Type

Les types d'appareil de coupure d'urgence comprennent:

- un bouton-poussoir;
- un interrupteur actionné par câble.

Ils doivent être du type à blocage automatique et doivent être à manœuvre positive (ou directe) d'ouverture (voir la CEI 60947-5-1).

Le type à bouton-poussoir peut avoir une enveloppe à bris de glace.

10.8.3 Rétablissement du fonctionnement normal après la coupure d'urgence

Il ne doit pas être possible de rétablir le circuit de coupure d'urgence tant que l'appareil de coupure d'urgence n'a pas été manuellement réarmé. Lorsque différents appareils de coupure d'urgence sont prévus dans un circuit, il ne doit pas être possible de rétablir ce circuit tant que tous les appareils de coupure d'urgence auparavant manœuvrés n'ont pas été réarmés.

10.8.4 Organes de commande

Les organes de commandes des appareils de coupure d'urgence doivent être de couleur ROUGE. S'il existe un fond derrière l'organe de commande du dispositif, il doit être de couleur JAUNE. Si l'organe de commande est un bouton-poussoir, il doit être du type coup-de-poing ou champignon.

10.8.5 Manœuvre locale du sectionneur de l'alimentation pour effectuer une coupure d'urgence

Si le sectionneur de l'alimentation peut être localement utilisé pour effectuer une coupure d'urgence, il doit être facilement accessible et il est recommandé qu'il satisfasse aux spécifications de couleur de 10.8.4.

10.9 Dispositifs d'affichage

Les dispositifs d'affichage (par exemple écran vidéo, vernie d'alarme) doivent être choisis et installés de façon à être visibles depuis la position normale de l'opérateur. Dans le cas où les dispositifs d'affichage sont destinés à servir d'avertissement, il est recommandé qu'ils soient du type clignotant, ou tournant, et qu'ils soient prévus avec un avertisseur sonore.

11 Equipement électronique

11.1 Généralités

Cet article s'applique à tous types de dispositifs électroniques y compris les équipements électroniques programmables, les sous-ensembles, les cartes de circuits imprimés, les dispositifs et les composants.

11.2 Prescriptions fondamentales

11.2.1 Entrées et sorties

Il est recommandé de prévoir des dispositifs signalant l'état de toutes les entrées et sorties numériques.

10.8 *Devices for emergency switching off*

10.8.1 *Location*

Emergency switching off devices shall be located as necessary for the given application. Normally, those devices will be located separate from operator control stations. However, where it can be necessary to initiate the emergency switching off function from an operator control station, that control station need not also be equipped with a separate emergency stop device since the emergency switching off function effects a category 0 emergency stop.

10.8.2 *Types*

The types of device for emergency switching off include:

- a push-button operated switch;
- a pull-cord operated switch.

The devices shall be of the self-latching type and shall have positive (or direct) opening operation (see IEC 60947-5-1).

The push-button operated switch may be in a break-glass enclosure.

10.8.3 *Restoration of normal function after emergency switching off*

It shall not be possible to restore an emergency switching off circuit until the emergency switching off device has been manually reset. Where several emergency switching off devices are provided in a circuit, it shall not be possible to restore that circuit until all emergency switching off devices that have been operated have been reset.

10.8.4 *Actuators*

Actuators of emergency switching off devices shall be coloured RED. The background immediately around the device actuator should be coloured YELLOW. The actuator of a push-button operated emergency switching off device shall be of the palm or mushroom head type.

10.8.5 *Local operation of the supply disconnecting device to effect emergency switching off*

Where the supply disconnecting device is to be locally operated for emergency switching off, it shall be readily accessible and should meet the colour requirements of 10.8.4.

10.9 *Displays*

Displays (e.g. visual display units, alarm annunciators) shall be selected and installed in such a manner as to be visible from the normal position of the operator. Where displays are intended to be warning devices, it is recommended that they be of the flashing or rotary type and be provided with an audible warning device.

11 **Electronic equipment**

11.1 *General*

This clause applies to all types of electronic devices including programmable electronic equipment, subassemblies, printed circuit boards, devices and components.

11.2 *Basic requirements*

11.2.1 *Inputs and outputs*

An indication of the status of all digital inputs and outputs should be provided.

11.2.2 *Liaison équipotentielle*

Tous les coffrets (locaux ou à distance) d'entrées/sorties, coffrets de processeurs et alimentations doivent être reliés électriquement ensemble conformément aux spécifications du fournisseur et raccordés au circuit de protection (voir 8.2.3).

Si pour des raisons opérationnelles, il est nécessaire d'isoler un équipement du circuit de protection, un tel équipement peut être exclu de cette prescription conformément à l'article 8.

11.3 *Équipement programmable*

11.3.1 *Commandes programmables*

Les commandes programmables doivent satisfaire aux normes correspondantes de la CEI (voir la CEI 61131-1 et la CEI 61131-2).

11.3.2 *Protection et maintien de la mémoire*

Des dispositions doivent être prévues pour éviter toute modification de la mémoire par des personnes non averties, et les règles décrites en 9.4.3.2 s'appliquent.

11.3.3 *Vérification du logiciel*

Un appareil utilisant une logique reprogrammable doit disposer de moyens pour vérifier que le logiciel est conforme à la documentation du programme concerné.

11.3.4 *Utilisation pour des fonctions relatives à la sécurité*

L'équipement électronique programmable ne doit pas être utilisé pour des fonctions d'arrêt d'urgence de catégorie 0 (voir 9.2.5.4).

Pour toutes les autres fonctions d'arrêt relatives à la sécurité, l'usage de composants électromécaniques câblés est préférable (c'est-à-dire que la fonction ne devrait pas dépendre du fonctionnement de l'équipement électronique programmable). Si un équipement électronique programmable est utilisé pour de telles fonctions, des mesures conformes à 9.4 doivent être prises.

Ces prescriptions ne doivent pas exclure l'utilisation d'un équipement électronique programmable pour contrôler, essayer ou renforcer de telles fonctions, mais cet équipement ne doit pas empêcher le bon fonctionnement de ces fonctions.

NOTE – Dans les cas où un danger significatif peut résulter du mauvais fonctionnement du système de commande, il est admis, actuellement, qu'il est difficile de déterminer avec un certain degré de certitude la confiance que l'on peut accorder au bon fonctionnement d'un circuit unique pour un équipement électronique programmable. Tant que cette situation perdurera, il n'est pas judicieux de se fier uniquement au bon fonctionnement d'un tel dispositif à circuit unique.

12 **Appareillage de commande: emplacement, montage et enveloppes**

12.1 *Prescriptions générales*

Tout appareillage de commande doit être situé et monté de façon à faciliter:

- son accessibilité et sa maintenance;
- sa protection contre les influences externes ou conditions dans lesquelles il est destiné à fonctionner;
- le fonctionnement et la maintenance de la machine et de son équipement associé.

11.2.2 *Equipotential bonding*

All input/output racks (remote or local), processor racks, and power supplies shall be electrically bonded together in accordance with the supplier's specifications and connected to the protective bonding circuit (see 8.2.3).

Where it is necessary for operational purposes for some equipment to be isolated from the protective bonding circuit, such equipment may be excluded from this requirement in accordance with clause 8.

11.3 *Programmable equipment*

11.3.1 *Programmable controllers*

Programmable controllers shall conform to relevant IEC standards (see IEC 61131-1 and IEC 61131-2).

11.3.2 *Memory retention and protection*

Means shall be provided to prevent memory alteration by unauthorized persons and the requirements detailed in 9.4.3.2 shall apply.

11.3.3 *Software verification*

Equipment using reprogrammable logic shall have means for verifying that the software is in accordance with the relevant program documentation.

11.3.4 *Use in safety-related functions*

Programmable electronic equipment shall not be used for category 0 emergency stop functions (see 9.2.5.4).

For all other safety-related stop functions, the use of hard-wired electromechanical components is preferred (i.e. the function should not depend on the operation of programmable electronic equipment). Where programmable electronic equipment is used for such functions, then appropriate measures in accordance with 9.4 shall be employed.

These requirements shall not preclude the use of programmable electronic equipment for monitoring, testing, or backing-up such functions but that equipment shall not prevent the correct operation of those functions.

NOTE – In situations where a significant hazard can occur due to maloperation of the control system, it is currently difficult to determine with any degree of certainty that reliance on correct operation of a single-channel of programmable electronic equipment can be assured. Until such a time that this situation can be resolved, it is inadvisable to rely solely on the correct operation of such a single-channel device.

12 **Controlgear: location, mounting, and enclosures**

12.1 *General requirements*

All controlgear shall be located and mounted so as to facilitate:

- its accessibility and maintenance;
- its protection against the external influences or conditions under which it is intended to operate;
- operation and maintenance of the machine and its associated equipment.

12.2 *Emplacement et montage*

12.2.1 *Accessibilité et maintenance*

Tous les éléments de l'appareillage de commande doivent être placés et orientés de telle sorte qu'ils puissent être identifiés sans qu'il faille les déplacer, ou déplacer le câblage. Il convient que la disposition des éléments nécessitant un contrôle pour un bon fonctionnement, ou susceptibles d'être remplacés, permette ces opérations sans démontage d'autres équipements ou parties de la machines (à l'exception de l'ouverture des portes ou de l'enlèvement de couvercles). Les bornes non associées à l'appareillage de commande doivent aussi respecter ces exigences.

Tout appareillage de commande doit être monté de façon à faciliter le fonctionnement et l'entretien depuis la face avant. Si un outil spécial est nécessaire pour démonter un appareil, un tel outil doit être fourni. Quand un accès est nécessaire pour l'entretien ou le réglage habituel, les appareils appropriés doivent être situés entre 0,4 m et 2,0 m au dessus du plancher de service. Il est recommandé que les bornes soient situées au moins à 0,2 m au dessus du plancher de service et placées de manière à ce que les câbles et les conducteurs puissent leur être raccordés facilement.

Aucun équipement, excepté les appareils pour le fonctionnement, l'indication, la mesure et le refroidissement, ne doit être monté sur les portes et couvercles d'accès normalement démontables des enveloppes.

Quand des appareils de commande sont connectés par des systèmes embrochables, on doit rendre leur association évidente, par le type (forme), par le marquage ou par la désignation de référence (par un ou une combinaison de ces moyens) (voir 14.4.5).

Les dispositifs embrochables qui sont manipulés en fonctionnement normal doivent être équipés de détrompeurs, si l'absence de détrompeur peut conduire à un dysfonctionnement.

Les ensembles fiche-prise qui sont manipulés en fonctionnement normal doivent être disposés et installés de telle sorte que leur accès soit dégagé.

Les points de contrôle, s'ils existent, doivent être:

- facilement accessibles de telle sorte que leur accès soit dégagé;
- clairement identifiés de façon à correspondre avec la documentation (voir 18.3);
- convenablement isolés;
- suffisamment espacés pour permettre le branchement du matériel de test.

12.2.2 *Séparation physique et groupage*

Les pièces et dispositifs non électriques, qui ne sont pas directement associés à un équipement électrique, ne doivent pas être installés dans des enveloppes contenant de l'appareillage de commande. Il convient de séparer les appareils tels que les électrovannes du reste de l'équipement électrique (par exemple dans un coffret séparé).

Les appareils de commande installés dans le même local et connectés à l'alimentation, ou à la fois à l'alimentation de puissance et de commande, doivent être groupés et séparés de ceux connectés aux seules alimentations de commande.

Les bornes doivent être séparées par groupes pour:

- les circuits de puissance;
- les circuits de commande associés;
- les autres circuits de commande, alimentés par des sources extérieures (par exemple pour le verrouillage).

Les groupes peuvent être montés adjacents, pourvu que chaque groupe puisse être aisément identifié (par exemple par des marquages, par des dimensions différentes, par des barrières ou par la couleur).

12.2 *Location and mounting*

12.2.1.1 *Accessibility and maintenance*

All items of controlgear shall be placed and oriented so that they can be identified without moving them or the wiring. For items that require checking for correct operation or that are liable to need replacement, those actions should be possible without dismantling other equipment or parts of the machine (except opening doors or removing covers). Terminals not associated with controlgear shall also conform to these requirements.

All controlgear shall be mounted so as to facilitate its operation and maintenance from the front. Where a special tool is necessary to remove a device, such a tool shall be supplied. Where access is required for regular maintenance or adjustment, the relevant devices shall be located between 0,4 m and 2,0 m above the servicing level. It is recommended that terminals be at least 0,2 m above the servicing level and be so placed that conductors and cables can be easily connected to them.

No devices except devices for operating, indicating, measuring, and cooling shall be mounted on doors and on normally removable access covers of enclosures.

Where control devices are connected through plug-in arrangements, their association shall be made clear by type (shape), marking or reference designation, singly or in combination (see 14.4.5).

Plug-in devices that are handled during normal operation shall be provided with non-interchangeable features where the lack of such a facility can result in malfunctioning.

Plug/socket combinations that are handled during normal operation shall be located and mounted so as to provide unobstructed access.

Test points, where provided, shall be:

- mounted so as to provide unobstructed access;
- clearly marked to correspond with the documentation (see 18.3);
- adequately insulated;
- sufficiently spaced for connection of the test equipment or means.

12.2.2 *Physical separation or grouping*

Non-electrical parts and devices, not directly associated with the electrical equipment, shall not be located within enclosures containing controlgear. Devices such as solenoid valves should be separated from the other electrical equipment (e.g. in a separate compartment).

Control devices mounted in the same location and connected to the supply voltage, or to both supply and control voltages, shall be grouped separately from those connected only to the control voltages.

Terminals shall be separated into groups for:

- power circuits;
- associated control circuits;
- other control circuits, fed from external sources (e.g. for interlocking).

The groups may be mounted adjacently, provided that each group can be readily identified (e.g. by markings, by use of different sizes, by use of barriers or by colours).

Lors de la mise en place d'appareils (y compris les liaisons), leurs distances d'isolement et lignes de fuites spécifiées doivent être maintenues, en tenant compte des influences externes ou des conditions de l'environnement physique (voir la CEI 60664-1).

12.2.3 Effets de la chaleur

Les composants générateurs de chaleur (par exemple puits de chaleur, résistances de puissance) doivent être installés de telle manière que la température de chaque composant situé à proximité reste dans les limites autorisées.

12.3 Degrés de protection

La protection de l'appareillage de commande contre la pénétration des corps solides et des liquides doit être compatible avec les influences externes dans lesquelles la machine est destinée à fonctionner (c'est-à-dire l'emplacement et les conditions d'environnement), et doit être suffisante contre la poussière, les liquides de refroidissement ou les copeaux.

NOTE 1 – Le degré de protection contre la pénétration d'eau est traité dans la CEI 60529. Des dispositions complémentaires peuvent être nécessaires pour la pénétration d'autres liquides.

Les enveloppes de l'appareillage de commande doivent offrir un degré de protection minimal de IP22 (voir la CEI 60529).

Exceptions:

- a) Cas d'une zone de service électrique utilisée comme enveloppe de protection pour un degré approprié de protection contre la pénétration de corps solides et des liquides.
- b) Cas de collecteurs mobiles sur des barres ou des systèmes de collecteurs câblés, non conformes à IP22, mais respectant les mesures de 6.2.5.

NOTE 2 – Quelques exemples d'applications, avec le degré de protection typique fourni par leurs enveloppes, sont énumérés ici:

- enveloppes ventilées, ne contenant que la résistance de démarrage du moteur et autres équipements de grandes dimensions: IP10
- enveloppes ventilées contenant d'autres équipements: IP32
- enveloppes d'usage industriel général: IP32, IP43 et IP54
- enveloppes dans des locaux nettoyés au jet d'eau à basse pression: IP55
- enveloppes procurant une protection contre les poussières fines: IP65
- enveloppes contenant des assemblages glissants: IP2X

Selon les conditions de mise en œuvre, un autre degré de protection peut être approprié.

12.4 Enveloppes, portes et ouvertures

Les enveloppes doivent être réalisées en matériau apte à résister aux contraintes mécaniques, électriques et thermiques ainsi qu'à l'humidité susceptibles d'être rencontrées en service normal.

Les fermetures utilisées pour les portes et couvercles devraient être du type captif. Les fenêtres prévues pour lire les cadrans des appareils indicateurs installés à l'intérieur des enveloppes doivent être réalisées en matériau capable de résister aux contraintes mécaniques et aux produits chimiques (par exemple verre trempé ou polycarbonate en 3 mm d'épaisseur).

Il est recommandé que la largeur des portes des enveloppes ne dépasse pas 0,9 m et que les portes soient à charnières verticales, de préférence de type dégondable, avec un angle d'ouverture d'au moins 95°.

Les joints des portes, couvercles, enveloppes, etc., doivent résister aux effets chimiques des liquides, vapeurs ou gaz agressifs, utilisés sur la machine. Les moyens utilisés pour maintenir le degré de protection d'une enveloppe au niveau des portes, couvercles qui nécessitent leur ouverture ou leur enlèvement en fonctionnement normal ou lors de la maintenance doivent:

- être maintenus de façon sûre soit aux portes/couvercle, soit à l'enveloppe;
- ne pas être détériorés par enlèvement ou remplacement de la porte ou du couvercle, et ainsi altérer le degré de protection.

When arranging the location of devices (including interconnections), the clearances and creepage distances specified for them shall be maintained, taking into account the external influences or conditions of the physical environment (see IEC 60664-1).

12.2.3 Heating effects

Heat generating components (e.g. heat sinks, power resistors) shall be so located that the temperature of each component in the vicinity remains within the permitted limit.

12.3 Degrees of protection

The protection of controlgear against ingress of solid foreign objects and of liquids shall be adequate taking into account the external influences under which the machine is intended to operate (i.e. the location and the physical environmental conditions) and shall be sufficient against dust, coolants, and swarf.

NOTE 1 – The degrees of protection against ingress of water are covered by IEC 60529. Additional protective measures may be necessary against other liquids.

Enclosures of controlgear shall provide a degree of protection of at least IP22 (see IEC 60529).

Exceptions:

- a) Where an electrical operating area is used as a protective enclosure for an appropriate degree of protection against the ingress of solid bodies and liquids.
- b) Where removable collectors on collector wire or collector bar systems are used and IP22 is not achieved but the measures of 6.2.5 are applied.

NOTE 2 – Some examples of applications, along with the degree of protection typically provided by their enclosures, are listed below:

– ventilated enclosure, containing only motor starter resistor and other large size equipment;	IP10
– ventilated enclosure, containing other equipment;	IP32
– enclosure used in general industry;	IP32, IP43 and IP54
– enclosure used in locations that are cleaned with low-pressure water jets (hosing);	IP55
– enclosure providing protection against fine dust;	IP65
– enclosure containing slip-ring assemblies.	IP2X

Depending upon the conditions where installed, another degree of protection may be appropriate.

12.4 Enclosures, doors and openings

Enclosures shall be constructed using materials capable of withstanding the mechanical, electrical and thermal stresses as well as the effects of humidity that are likely to be encountered in normal service.

Fasteners used to secure doors and covers should be of the captive type. Windows provided for viewing internally mounted indicating devices shall be of a material suitable to withstand mechanical stress and chemical attack (e.g. toughened glass, polycarbonate sheet of 3 mm thickness).

It is recommended that enclosure doors be not wider than 0,9 m. and have vertical hinges, preferably of the lift off type, with an angle of opening of at least 95°.

The joints or gaskets of doors, lids, covers and enclosures shall withstand the chemical effects of the aggressive liquids, vapours, or gases used on the machine. The means used to maintain the degree of protection of an enclosure on doors, lids and covers that require opening or removal for operation or maintenance shall:

- be securely attached to either the door/cover or the enclosure;
- not deteriorate due to removal or replacement of the door or the cover, and so impair the degree of protection.

Toutes les ouvertures ménagées dans les enveloppes, y compris celles vers le sol ou l'assise, ou vers d'autres parties de la machine, doivent être fermées par le ou les fournisseurs de façon à assurer le degré de protection spécifié pour l'équipement. Les ouvertures destinées aux passages des câbles doivent être facilement réouvertes sur le site. Une ouverture convenable peut être ménagée à la base des enveloppes situées dans la machine, pour permettre à l'humidité due à la condensation d'être évacuée.

Il ne doit pas exister d'ouverture entre les enveloppes renfermant du matériel électrique et les boîtiers renfermant des liquides de refroidissement, des huiles de graissage ou des fluides hydrauliques, ou bien ceux à l'intérieur desquels de l'huile, d'autres liquides ou des poussières pourraient pénétrer. Cette prescription ne s'applique pas aux appareils électriques conçus spécialement pour fonctionner dans l'huile (tels que les embrayages électromagnétiques), ni à l'équipement électrique dans lesquels des liquides de refroidissement sont utilisés.

Si des trous sont prévus dans une enveloppe en vue de sa fixation, des précautions particulières doivent être prises pour qu'après montage les trous ne réduisent pas le degré de protection exigé.

Un matériel pouvant atteindre, en service normal ou non, une température de surface suffisante pour entraîner un risque d'incendie ou un effet dommageable pour un matériau d'enveloppe doit:

- être placé dans une enveloppe qui résistera, sans risque d'incendie ou de dommage, aux températures qui peuvent être atteintes; et
- être installé et placé à une distance suffisante des matériels adjacents de façon à permettre une dissipation sûre de la chaleur (voir aussi 12.2.3); ou
- sinon être protégé par un écran en matériau apte à résister, sans risque d'incendie ou de dommage, à la chaleur émise par le matériel.

12.5 Accès à l'appareillage de commande

Les dimensions minimales des passages le long et entre les appareillages de commande doivent être conformes à 481.2.4 de la CEI 60364-4-481.

NOTE – Les dimensions données en 481.2.4 de la CEI 60364-4-481, sont des valeurs minimales absolues. Il peut être nécessaire d'adopter des valeurs plus élevées pour des positions adéquates de travail, des chemins d'évacuation, la mobilité de la machine, etc.

Les portes dans les passages pour le personnel et pour l'accès aux zones de service électrique doivent:

- présenter une largeur d'au moins 0,7 m et une hauteur d'au moins 2,0 m;
- s'ouvrir à l'extérieur;
- disposer de moyens (par exemple fermetures anti-panique) pour permettre une ouverture de l'intérieur sans utilisation d'une clé ou d'un outil.

13 Câbles et conducteurs

13.1 Prescriptions générales

Les câbles et conducteurs doivent être choisis de telle sorte qu'ils conviennent aux conditions d'utilisation (par exemple tension, courant, protection contre les chocs électriques, groupement de câbles) et aux conditions d'influences externes (par exemple température ambiante, présence d'eau ou de substances corrosives, contraintes mécaniques (y compris les contraintes lors de l'installation), danger de feu qui peuvent exister.

Ces prescriptions ne concernent pas le câblage intégré des ensembles et appareils fabriqués et essayés conformément aux normes CEI qui les concernent (par exemple la CEI 60439-1).

All openings in the enclosure, including those towards the floor or foundation or to other parts of the machine, shall be closed by the supplier(s) in a manner ensuring the degree of protection specified for the equipment. Openings for cable entries shall be easily re-opened on site. A suitable opening may be provided in the base of enclosures within the machine so that moisture due to condensation may drain away.

There shall be no opening between enclosures containing electrical equipment and compartments containing coolant, lubricating or hydraulic fluids, or those into which oil, other liquids, or dust can penetrate. This requirement does not apply to electrical devices specifically designed to operate in oil (e.g. electromagnetic clutches) nor to electrical equipment in which coolants are used.

Where there are holes in an enclosure for mounting purposes, care shall be taken so that after mounting, the holes do not impair the required protection.

Equipment that, in normal or abnormal operation, can attain a surface temperature sufficient to cause a risk of fire or harmful effect to an enclosure material:

- shall be located within an enclosure that will withstand, without risk of fire or harmful effect, such temperatures as may be generated; and
- shall be mounted and located at a sufficient distance from adjacent equipment so as to allow safe dissipation of heat (see also 12.2.3); or
- shall be otherwise screened by material that can withstand, without risk of fire or harmful effect, the heat emitted by the equipment.

12.5 Access to controlgear

The minimum dimensions of gangways in front of and between controlgear shall be in accordance with 481.2.4 of IEC 60364-4-481.

NOTE – The dimensions given in 481.2.4 of IEC 60364-4-481 are absolute minima. It may be necessary to adopt higher values for other considerations such as suitable working positions, escape facilities, mobility of the machine etc.

Doors in gangways and for access to electrical operating areas shall:

- be at least 0,7 m wide and 2,0 m high;
- open outwards;
- have a means (e.g. panic bolts) to allow opening from the inside without the use of a key or tool.

13 Conductors and cables

13.1 General requirements

Conductors and cables shall be selected so as to be suitable for the operating conditions (e.g. voltage, current, protection against electric shock, grouping of cables) and external influences (e.g. ambient temperature, presence of water or corrosive substances, mechanical stresses (including stresses during installation), fire hazards) that can exist.

These requirements do not apply to the integral wiring of assemblies, subassemblies, and devices that are manufactured and tested in accordance with their relevant IEC standard (e.g. IEC 60439-1).

13.2 Conducteurs

En général, les conducteurs doivent être en cuivre. Les conducteurs constitués d'un autre matériau doivent avoir une section nominale telle que lorsqu'ils transportent le même courant, la température maximale n'excède pas les valeurs données au tableau 4. Si l'aluminium est utilisé, la section minimale ne doit pas être inférieure à 16 mm².

Tableau 4 – Températures maximales admissibles des conducteurs dans les conditions normales et de court-circuit

Type d'isolation	Température maximale dans des conditions normales °C	Température à ne pas dépasser dans des conditions de court-circuit * °C
Polychlorure de vinyle (PVC)	70	160
Caoutchouc	60	200
Polyéthylène réticulé (PR)	90	250
Ethylène propylène (EPR)	90	250
Caoutchouc siliconé (SiR)	180	350
NOTE – Pour des températures limites du conducteur supérieures à 200 °C, les conducteurs en cuivre doivent être recouverts d'argent ou de nickel, car des conducteurs étamés ou nus ne conviennent pas à des températures supérieures à 200 °C.		
* Ces valeurs sont basées sur l'hypothèse d'un comportement adiabatique pendant un temps inférieur à 5 s.		

Bien que les conducteurs de classe 1 soient normalement prévus pour relier des parties fixes, sans mouvement, ils peuvent aussi être utilisés s'il y a peu de flexion, à condition que leur section soit inférieure à 0,5 mm². Tous les conducteurs soumis à des mouvements fréquents (par exemple un mouvement par heure de fonctionnement de la machine) doivent être du type extra souple de classe 5 et 6 (voir tableau C.4).

13.3 Isolation

Les types d'isolation disponibles comprennent (de façon non limitative):

- polychlorure de vinyle (PVC);
- caoutchouc naturel et synthétique;
- caoutchouc siliconé (SiR);
- minéral;
- polyéthylène réticulé (PR);
- éthylène propylène (EPR).

Si l'isolation des conducteurs et des câbles (par exemple PVC) peut induire des dangers dus à la propagation d'incendie ou à l'émission de fumées toxiques ou corrosives, il est recommandé de rechercher les conseils du fournisseur de câble. Il est essentiel d'apporter une attention particulière à l'intégrité d'un circuit présentant une fonction relative à la sécurité.

La rigidité diélectrique de l'isolation doit être suffisante pour supporter la tension d'essai requise avec un minimum de 2 000 V c.a., pendant 5 min, pour les câbles soumis à des tensions supérieures à 50 V c.a. ou 120 V c.c. Pour des circuits TBTP séparés, la rigidité diélectrique doit être suffisante pour supporter la tension d'essai de 500 V c.a., pendant 5 min (voir la CEI 60364-4-41, matériels de classe III).

13.2 Conductors

In general, conductors shall be of copper. Conductors of any other material shall have a nominal cross-sectional area such that, carrying the same current, the maximum conductor temperature shall not exceed the value given in table 4. Where aluminium is used, the cross-sectional area shall be at least 16 mm².

Table 4 – Maximum allowable conductor temperatures under normal and short-circuit conditions

Type of insulation	Maximum temperature under normal conditions °C	Ultimate short-time conductor temperature under short circuit conditions* °C
Polyvinyl chloride (PVC)	70	160
Rubber	60	200
Cross-linked polyethylene (XLPE)	90	250
Ethylene propylene compound (EPR)	90	250
Silicone rubber (SiR)	180	350
NOTE – For ultimate short-time conductor temperatures greater than 200 °C, copper conductors shall be either silver-plated or nickel-plated because neither tinned nor bare conductors are suitable above 200 °C.		
* These values are based on the assumption of adiabatic behaviour for a period of not more than 5 s.		

Although class 1 conductors are primarily intended for use between rigid, non-moving parts, they may also be used where minimal flexing occurs provided that the cross-sectional area is less than 0,5 mm². All conductors that are subject to frequent movement (e.g. one movement/hour of machine operation) shall have flexible stranding of class 5 or class 6 (see table C.4).

13.3 Insulation

The types of insulation include (but are not limited to):

- polyvinyl chloride (PVC);
- rubber, natural and synthetic;
- silicone rubber (SiR);
- mineral;
- cross-linked polyethylene (XLPE);
- ethylene propylene compound (EPR).

Where the insulation of conductors and cables (e.g. PVC) can constitute hazards due to the propagation of a fire or the emission of toxic or corrosive fumes, guidance from the cable supplier should be sought. It is important to give special attention to the integrity of a circuit having a safety-related function.

The dielectric strength of the insulation shall be adequate for the test voltage required with a minimum of 2 000 V a.c. for 5 min duration for cables operating at voltages higher than 50 V a.c. or 120 V d.c. For separate PELV circuits, the dielectric strength shall be adequate for the test voltage of 500 V a.c. for a duration of 5 min (see IEC 60364-4-41, class III equipment).

La contrainte mécanique et l'épaisseur de l'isolant doivent être telles que l'isolation ne puisse pas être endommagée lors du fonctionnement ou durant le câblage, en particulier pour les câbles tirés dans des canalisations.

13.4 Courant admissible en fonctionnement normal

Le courant admissible des câbles et conducteurs est déterminé à la fois par:

- la température maximale admissible du conducteur correspondant au courant permanent le plus élevé, dans des conditions normales ou le courant thermique efficace équivalent pour les applications à charge intermittente (voir C.2);
- la température maximale admissible à ne jamais dépasser pendant un temps très court dans des conditions de court-circuit.

La section d'un conducteur doit être telle que, dans ces conditions, les températures maximales données au tableau 4 ne soient pas dépassées, sauf spécification contraire du fabricant du câble.

Le courant admissible pour le câblage isolé au PVC entre les enveloppes et les éléments individuels de l'équipement en fonctionnement permanent pour un câblage est donné dans le tableau 5. Pour le choix des conducteurs et des câbles dans les applications en régime intermittent, voir C.2 pour le calcul du courant thermique efficace équivalent.

Tableau 5 – Courant admissible (I_z) des conducteurs et câbles en cuivre, isolés au PVC, en régime permanent, pour une température ambiante de +40 °C, pour différentes méthodes d'installation

Section mm ²	Méthode d'installation (voir C.1.2)			
	B1	B2	C	E
	Courant maximal admissible I_z			
	A			
0,75	7,6	–	–	–
1,0	10,4	9,6	11,7	11,5
1,5	13,5	12,2	15,2	16,1
2,5	18,3	16,5	21	22
4	25	23	28	30
6	32	29	36	37
10	44	40	50	52
16	60	53	66	70
25	77	67	84	88
35	97	83	104	114
50	–	–	123	123
70	–	–	155	155
95	–	–	192	192
120	–	–	221	221
Electronique (paires)				
0,2	–	–	4,0	4,0
0,3	–	–	5,0	5,0
0,5	–	–	7,1	7,1
0,75	–	–	9,1	9,1

NOTES

- 1 Pour les températures ambiantes différentes de 40 °C, convertir le courant maximal admissible en utilisant les valeurs données au tableau C.1.
- 2 Pour les conducteurs/câbles groupés, voir les facteurs de correction du tableau C.2.
- 3 Pour des câbles multiconducteurs jusqu'à 10 mm², voir les facteurs de correction du tableau C.3.
- 4 Ces valeurs ne sont pas applicables aux câbles souples enroulés sur tambour (voir 13.7.3).
- 5 Pour les courants admissibles d'autres câbles, voir la CEI 60364-5-523.

The mechanical strength and thickness of the insulation shall be such that the insulation cannot be damaged in operation or during laying, especially for cables pulled into ducts.

13.4 Current-carrying capacity in normal service

The current-carrying capacity of conductors and cables is determined by both:

- the maximum allowable conductor temperature under the highest possible steady-state current or the thermal equivalent r.m.s. current for intermittent duty applications (see C.2); and
- the ultimate allowable short-time conductor temperature under short-circuit conditions.

The cross-sectional area of a conductor shall be such that, under those conditions, the conductor temperature does not exceed the value given in table 4, unless otherwise specified by the cable manufacturer.

The current-carrying capacities for PVC insulated wiring between enclosures and individual items of equipment under steady-state conditions are given in table 5. For the selection of conductors and cables for intermittent duty applications, see C.2 for the calculation of the thermal equivalent r.m.s. current.

Table 5 – Current-carrying capacity (I_z) of PVC insulated copper conductors or cables under steady-state conditions in an ambient air temperature of +40 °C for different methods of installation

Cross-sectional area mm ²	Installation method (see C.1.2)			
	B1	B2	C	E
	Current-carrying capacity I_z			
	A			
0,75	7,6	–	–	–
1,0	10,4	9,6	11,7	11,5
1,5	13,5	12,2	15,2	16,1
2,5	18,3	16,5	21	22
4	25	23	28	30
6	32	29	36	37
10	44	40	50	52
16	60	53	66	70
25	77	67	84	88
35	97	83	104	114
50	–	–	123	123
70	–	–	155	155
95	–	–	192	192
120	–	–	221	221
Electronic (pairs)				
0,2	–	–	4,0	4,0
0,3	–	–	5,0	5,0
0,5	–	–	7,1	7,1
0,75	–	–	9,1	9,1
NOTES				
1 For ambient temperatures other than 40 °C, correct the current-carrying capacities by using values given in table C.1.				
2 For grouped cables/conductors, see table C.2 for derating factors.				
3 For multicore cables up to 10 mm ² , see table C.3 for derating factors.				
4 These values are not applicable to flexible cables wound on drums (see 13.7.3).				
5 For the current-carrying capacities of other cables, see IEC 60364-5-523.				

13.5 Chute de tension dans les câbles et conducteurs

La chute de tension entre l'origine de l'alimentation et la charge ne doit pas dépasser 5 % de la tension nominale dans les conditions normales de fonctionnement. Pour cela, il peut s'avérer nécessaire d'utiliser des conducteurs de section supérieure à celle déduite du tableau 5.

13.6 Section minimale

Pour assurer une résistance mécanique convenable, la section des conducteurs ne devrait pas être inférieure à celles définies dans le tableau 6. Cependant, des sections plus faibles sont autorisées dans les appareillages où les efforts mécaniques sont pris en compte par d'autres moyens et où le fonctionnement n'est pas altéré.

Tableau 6 – Section minimale des conducteurs en cuivre

Implantation	Application	Description des conducteurs et câbles*				
		Câble unipolaire âme câblée	Câble unipolaire âme massive	Câble à deux conducteurs blindé	Câble à deux conducteurs non blindé	Trois conducteurs ou plus, blindé ou non
A l'extérieur de l'enveloppe	Câblage non souple	1	1,5	0,75	0,75	0,75
	Raccordement à des éléments fréquemment mobiles	1	–	1	1	1
	Raccordement à des circuits de commande	1	1,5	0,3	0,5	0,3
	Câblage de communication	–	–	–	–	0,08
A l'intérieur de l'enveloppe	Câblage non souple	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
	Circuits de commande	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
	Câblage de communication	–	–	–	–	0,08

NOTE – Toutes les sections sont en millimètres carrés.

13.7 Câbles souples

13.7.1 Généralités

Les câbles souples doivent avoir des conducteurs de classe 5 ou 6 (voir tableau C.4).

Les câbles soumis à des conditions de service sévères doivent être appropriés pour protéger contre:

- l'abrasion due à des manœuvres mécaniques et à des passages sur des surfaces rugueuses;
- le vrillage dû à un fonctionnement sans guides;
- les contraintes dues aux rouleaux de guidage et à un guidage forcé, aux enroulements et déroulements sur des tambours de câbles.

NOTES

- 1 Des câbles utilisés dans ces conditions sont spécifiés dans des normes nationales correspondantes.
- 2 La durée de vie du câble sera réduite si des conditions de fonctionnement défavorables telles que fortes contraintes en traction, petits rayons, pliures dans des plans différents et/ou cycles fréquents coïncident.

13.5 Conductor and cable voltage drop

The voltage drop from the point of supply to the load shall not exceed 5 % of the nominal voltage under normal operating conditions. In order to conform to this requirement, it may be necessary to use conductors having a larger cross-sectional area than that derived from table 5.

13.6 Minimum cross-sectional area

To ensure adequate mechanical strength, the cross-sectional area of conductors should not be less than as shown in table 6. However, where it is considered necessary, conductors with smaller cross-sectional areas than shown in table 6 may be used in equipment provided adequate mechanical strength is achieved by other means and proper functioning is not impaired.

Table 6 – Minimum cross-sectional areas of copper conductors

Location	Applications	Description of conductors and cables				
		Single core stranded	Single core solid	Two core shielded	Two core not shielded	Three or more cores shielded or not shielded
Outside enclosures	Non-flexing power wiring	1	1,5	0,75	0,75	0,75
	Connections to machine parts subject to frequent movement	1	–	1	1	1
	Connections in control circuits	1	1,5	0,3	0,5	0,3
	Data communication wiring	–	–	–	–	0,08
Inside enclosures	Non-flexing power wiring	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
	Connections in control circuits	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
	Data communication wiring	–	–	–	–	0,08
NOTE – All cross-sectional areas are in square millimetres.						

13.7 Flexible cables

13.7.1 General

Flexible cables shall have class 5 or class 6 conductors (see table C.4).

Cables that are subjected to severe duties shall be of adequate construction to protect against:

- abrasion due to mechanical handling and dragging across rough surfaces;
- kinking due to operation without guides;
- stress resulting from guide rollers and forced guiding, being wound and re-wound on cable drums.

NOTES

- 1 Cables for such conditions are specified in relevant national standards.
- 2 The operational life of the cable will be reduced where unfavourable operating conditions such as high tensile stress, small radii, bending into another plane and/or where frequent duty cycles coincide.

13.7.2 Dimensionnement mécanique

Le système de manœuvre du câble de la machine doit être conçu pour maintenir les contraintes de traction des conducteurs aussi faibles que possible durant le fonctionnement de la machine. Si des conducteurs en cuivre sont utilisés, la contrainte de traction ne doit pas dépasser 15 N/mm² par rapport à la section droite du cuivre. Si l'application exige plus de 15 N/mm², il convient d'utiliser des câbles spéciaux. Il convient que la contrainte maximale admissible soit approuvée par le constructeur du câble.

Il convient que la contrainte maximale admissible pour les conducteurs des câbles souples en matériau autre que le cuivre soit approuvée par le constructeur du câble.

NOTE – Les conditions suivantes influent sur la contrainte de traction des conducteurs:

- forces d'accélération;
- vitesse du mouvement;
- poids mort des câbles;
- méthode de guidage;
- conception du tambour de câbles.

13.7.3 Courant admissible des câbles enroulés sur des tambours

Les câbles à enrouler sur des tambours doivent être choisis avec des conducteurs de section telle que, lorsqu'ils sont complètement enroulés et alimentés sous la charge normale, la température maximale autorisée ne soit pas dépassée.

Lorsque des câbles de section circulaire sont disposés sur des tambours, il convient que le courant maximal admissible à l'air libre soit corrigé conformément au tableau 7 (voir aussi article 44 de la CEI 60621-3).

NOTE – Le courant admissible des câbles à l'air libre peut être trouvé dans les spécifications des constructeurs et dans les normes nationales correspondantes.

Tableau 7 – Facteurs de correction pour des câbles enroulés sur tambours

Type de tambour	Nombre de couches de câbles				
	Nombre quelconque	1	2	3	4
Cylindrique ventilé	–	0,85	0,65	0,45	0,35
Radial ventilé	0,85	–	–	–	–
Radial non ventilé	0,75	–	–	–	–
NOTES 1 Dans un tambour cylindrique radial, des couches de câbles en spirale sont disposées entre des flancs très rapprochés; dans le cas de flancs pleins, le tambour est considéré comme non ventilé et si les flancs ont des ouïes suffisantes, il est considéré comme ventilé. 2 Dans un tambour cylindrique ventilé, les couches sont disposées entre des flancs très espacés et le tambour et ses flancs disposent d'ouïes de ventilation. 3 Il est recommandé d'examiner avec les constructeurs du câble et du tambour la valeur du facteur de correction. Cela peut conduire à choisir un autre facteur.					

13.8 Collecteurs à conducteurs, barres et assemblages glissants

13.8.1 Protection contre les contacts directs

Les collecteurs à conducteurs, barres et assemblages glissants doivent être mis en œuvre ou mis sous enveloppe de manière que, lors d'un accès normal à la machine, la protection contre les contacts directs doit être réalisée par l'application d'une des mesures de protection suivantes:

- protection par une isolation partielle des parties actives. Cela est la mesure préférentielle.
- protection à l'aide d'enveloppes ou de barrières avec un degré de protection minimal de IP2X (voir 412.2 de la CEI 60364-4-41).

13.7.2 Mechanical rating

The cable handling system of the machine shall be so designed to keep the tensile stress of the conductors as low as is practicable during machine operations. Where copper conductors are used, the tensile stress shall not exceed 15 N/mm² of the copper cross-sectional area. Where the demands of the application exceed the tensile stress limit of 15 N/mm², cables with special construction features should be used and the allowed maximal tensile strength should be agreed with the cable manufacturer.

The allowed maximum stress of conductors of flexible cables with material other than copper should be agreed with the cable manufacturer.

NOTE – The following conditions affect the tensile stress of the conductors:

- acceleration forces;
- speed of motion;
- dead (hanging) weight of the cables;
- method of guiding;
- design of cable drum system.

13.7.3 Current-carrying capacity of cables wound on drums

Cables to be wound on drums shall be selected with conductors having a cross-sectional area such that, when fully wound on the drum and carrying the normal service load, the maximum allowable conductor temperature is not exceeded.

For cables of circular cross-sectional area installed on drums, the maximum current-carrying capacity in free air should be derated in accordance with table 7 (see also clause 44 of IEC 60621-3).

NOTE – The current-carrying capacity of cables in free air can be found in manufacturer's specifications or in relevant national standards.

Table 7 – Derating factors for cables wound on drums

Drum type	Number of layers of cable				
	Any number	1	2	3	4
Cylindrical ventilated		0,85	0,65	0,45	0,35
Radial ventilated	0,85	–	–	–	–
Radial non-ventilated	0,75	–	–	–	–
NOTES 1 A radial type drum is one where spiral layers of cable are accommodated between closely spaced flanges: if fitted with solid flanges, the drum is described as non-ventilated and if the flanges have suitable apertures, as ventilated. 2 A ventilated cylinder drum is one where the layers of cable are accommodated between widely spaced flanges and the drum and end flanges have ventilating apertures. 3 It is recommended that the use of derating factors be discussed with the cable and the cable drum manufacturers. This may result in other factors being used.					

13.8 Collector wires, collector bars and slip-ring assemblies

13.8.1 Protection against direct contact

Collector wires, collector bars and slip-ring assemblies shall be installed or enclosed in such away that, during normal access to the machine, protection against direct contact shall be achieved by the application of one of the following protective measures:

- protection by partial insulation of live parts. This is the preferred measure;
- protection by enclosures or barriers of at least IP2X (see 412.2 of IEC 60364-4-41).

Les surfaces supérieures horizontales des barrières ou enveloppes qui sont facilement accessibles doivent procurer un degré de protection d'au moins IP4X (voir 412.2.2 de la CEI 60364-4-41).

Si le degré de protection prescrit n'est pas réalisé, la protection par mise hors de portée des parties actives combinée avec une coupure d'urgence conformément à 9.2.5.4.3 doit être appliquée.

Les collecteurs à conducteurs et barres doivent être mis en œuvre et/ou protégés de manière à:

- empêcher tout contact, particulièrement pour les collecteurs à conducteurs et barres non protégés par éléments conducteurs tels que des câbles de commande de sectionnement, des dispositifs de retenue et des chaînes d'entraînement;
- empêcher tout dommage dû à des charges suspendues.

13.8.2 *Circuit des conducteurs de protection*

Si des collecteurs bobinés, à barres et assemblages glissants font partie du circuit de protection, ils ne doivent pas être parcourus par des courants en fonctionnement normal. C'est pourquoi le conducteur de protection (PE) et le neutre (N) doivent utiliser des collecteurs bobinés, à barres ou assemblages glissants distincts. La continuité du circuit de protection utilisant des contacts glissants doit être assurée par des mesures appropriées (par exemple duplication du collecteur, surveillance permanente).

13.8.3 *Collecteurs de courant du circuit de protection*

Les collecteurs de courant du circuit de protection doivent présenter une forme ou structure telle qu'ils ne sont pas interchangeables avec les autres collecteurs de courant. Ces collecteurs doivent être du type à contact glissant.

13.8.4 *Collecteurs de courant démontables avec fonction de sectionnement*

Les collecteurs de courant démontables ayant une fonction de sectionnement doivent être conçus de telle manière que le circuit du conducteur de protection ne puisse être coupé qu'après coupure des conducteurs actifs et que le rétablissement du circuit de protection se fasse avant la re-connexion de tout conducteur actif (voir aussi 8.2.6).

13.8.5 *Distances dans l'air*

Les distances dans l'air, entre les conducteurs respectifs et entre des systèmes adjacents de collecteurs bobinés, les collecteurs à conducteurs, à barres, assemblages glissants et leurs collecteurs de courant correspondants, doivent être appropriées aux règles de pollution 3 (voir 2.5 de la CEI 60664-1).

13.8.6 *Lignes de fuite*

Les lignes de fuite entre les conducteurs respectifs, et entre des systèmes adjacents de collecteurs bobinés, les collecteurs à conducteurs, à barres, assemblages glissants et leurs collecteurs de courant correspondants, doivent être appropriées aux règles de pollution 3 (voir 2.5 de la CEI 60664-1).

Dans le cas d'environnements particulièrement poussiéreux, humides ou corrosifs, les prescriptions suivantes sont applicables pour les lignes de fuite:

- les collecteurs bobinés, à barres et assemblages glissants non protégés doivent comporter des isolateurs avec des lignes de fuite minimales de 60 mm;
- pour des conducteurs sous fourreaux, des barres isolées multipolaires et des barres isolées individuelles, les lignes minimales de fuite doivent être de 30 mm.

Les recommandations du constructeur doivent être suivies en ce qui concerne les mesures particulières pour empêcher une diminution graduelle des valeurs d'isolement due à des conditions d'ambiance défavorables (par exemple de dépôts de poussière conductrice, d'attaque chimique).

Horizontal top surfaces of barriers or enclosures that are readily accessible shall provide a degree of protection of at least IP4X (see 412.2.2 of IEC 60364-4-41).

Where the required degree of protection is not achieved, protection by placing live parts out of reach in combination with emergency switching off in accordance with 9.2.5.4.3 shall be applied.

Collector wires and collector bars shall be so placed and/or protected as to:

- prevent contact, especially for unprotected collector wires and collector bars, with conductive items such as the cords of pull-cord switches, strain-relief devices and drive chains;
- prevent damage from a swinging load.

13.8.2 *Protective conductor circuit*

Where collector wires, collector bars and slip-ring assemblies are installed as part of the protective bonding circuit, they shall not carry current in normal operation. Therefore, the protective conductor (PE) and the neutral conductor (N) shall each use a separate collector wire, collector bar or slip-ring. The continuity of the protective conductor circuit using sliding contacts shall be ensured by taking appropriate measures (e.g. duplication of the current collector, continuity monitoring).

13.8.3 *Protective conductor current collectors*

Protective conductor current collectors shall have a shape or construction so that they are not interchangeable with the other current collectors. Such current collectors shall be of the sliding contact type.

13.8.4 *Removable current collectors with a disconnecter function*

Removable current collectors having a disconnecter function shall be so designed that the protective conductor circuit is interrupted only after the live conductors have been disconnected, and the continuity of the protective conductor circuit is re-established before any live conductor is reconnected (see also 8.2.6).

13.8.5 *Clearances in air*

Clearances between the respective conductors, and between adjacent systems, of collector wires, collector bars, slip-ring assemblies and their current collectors shall be suitable for operation in pollution degree 3 conditions (see 2.5 of IEC 60664-1).

13.8.6 *Creepage distances*

Creepage distances between the respective conductors, between adjacent systems of collector wires, collector bars and slip-ring assemblies, and their current collectors shall be suitable for operation in pollution degree 3 conditions (see 2.5 of IEC 60664-1).

In abnormally dusty, moist or corrosive environments the following creepage distance requirements apply:

- unprotected collector wires, collector bars, and slip-ring assemblies shall be equipped with insulators with a minimum creepage distance of 60 mm;
- enclosed collector wires, insulated multipole collector bars and insulated individual collector bars shall have a minimum creepage distance of 30 mm.

The manufacturer's recommendations shall be followed regarding special measures to prevent a gradual reduction in the insulation values due to unfavourable ambient conditions (e.g. deposits of conductive dust, chemical attack).

13.8.7 *Subdivision du système conducteur*

Si des collecteurs bobinés ou à barres sont mis en œuvre de manière qu'ils puissent être subdivisés en sections isolées, des mesures de conception appropriées doivent être prises afin d'empêcher toute influence des sections adjacentes par les collecteurs de courant eux-mêmes.

13.8.8 *Construction et mise en œuvre des systèmes à collecteurs bobinés, à barres et des assemblages glissants*

Les collecteurs bobinés, à barres et assemblages glissants des circuits de puissance doivent être groupés séparément de ceux utilisés pour les circuits de commande.

Les collecteurs bobinés, à barres et assemblages glissants doivent résister sans dommages aux contraintes mécaniques et thermiques des courants de court-circuit.

Les couvercles démontables des collecteurs à conducteurs et barres sous le sol ou le plancher doivent être conçus pour ne pas pouvoir être enlevés par une personne sans l'aide d'un outil.

Si des barres de collecteurs sont mises en œuvre dans une enveloppe métallique commune, les sections individuelles de l'enveloppe doivent être reliées entre elles et mises à la terre en plusieurs endroits en fonction de leur longueur. Les couvercles métalliques des barres des collecteurs situées sous le sol ou le plancher doivent être aussi reliés entre eux et mis à la terre.

NOTE – Pour les liaisons équipotentielles et les conducteurs de protection, la connexion aux couvercles métalliques ou aux fourreaux conducteurs est considérée comme suffisante pour assurer la continuité.

Les canalisations des barres conductrices enterrées ou sous plancher doivent être drainées.

14 **Pratiques du câblage**

14.1 *Raccordement et cheminement*

14.1.1 *Prescriptions générales*

Tous les raccordements, en particulier ceux du circuit de protection, doivent être protégés contre un desserrage accidentel.

Les moyens de raccordement doivent convenir à la section et à la nature des conducteurs à raccorder. Pour les conducteurs en aluminium ou en alliage d'aluminium, il faut tenir compte de la prévention des problèmes posés par la corrosion électrolytique (voir 13.2).

Le raccordement de deux conducteurs ou plus à une borne de raccordement n'est admis que si la borne est conçue à cet effet. Cependant, un seul conducteur de protection doit être raccordé à une borne de raccordement.

Les raccordements soudés ne sont autorisés que sur les bornes prévues à cet effet.

Les bornes sur les blocs de jonction doivent être clairement repérées afin de correspondre aux indications des schémas.

L'installation de conduits flexibles et de câbles souples doit être telle que les liquides s'écoulent à l'extérieur des accessoires.

Des moyens de rétention des brins de conducteur doivent être prévus pour raccorder des conducteurs à des dispositifs ou à des bornes ne comportant pas cette possibilité. La soudure ne doit pas être utilisée pour cet usage.

13.8.7 Conductor system sectioning

Where collector wires or collector bars are arranged so that they can be divided into isolated sections, suitable design measures shall be employed to prevent the energization of adjacent sections by the current collectors themselves.

13.8.8 Construction and installation of collector wire, collector bar systems and slip-ring assemblies

Collector wires, collector bars and slip-ring assemblies used for power circuits shall be grouped separately from those used for control circuits.

Collector wires, collector bars and slip-ring assemblies shall be capable of withstanding, without damage, the mechanical forces and thermal effects of short-circuit currents.

Removable covers for collector wire and collector bar systems laid underground or underfloor shall be so designed that they cannot be opened by one person without the aid of a tool.

Where collector bars are installed in a common metal enclosure, the individual sections of the enclosure shall be bonded together and earthed at several points depending upon their length. Metal covers of collector bars laid underground or underfloor shall also be bonded together and earthed.

NOTE – For equipotential bonding or protective conductor connection to covers or coverplates of metal enclosures or underfloor ducts, the usual metal hinges are considered sufficient to ensure continuity.

Underground and underfloor collector bar ducts shall have drainage facilities.

14 Wiring practices

14.1 Connections and routing

14.1.1 General requirements

All connections, especially those of the protective bonding circuit, shall be secured against accidental loosening.

The means of connection shall be suitable for the cross-sectional areas and nature of the conductors being terminated. For aluminium or aluminium alloy conductors, particular consideration shall be given to the prevention of problems of electrolytic corrosion (see 13.2).

The connection of two or more conductors to one terminal is permitted only in those cases where the terminal is designed for that purpose. However, only one protective conductor shall be connected to one terminal connecting point.

Soldered connections shall only be permitted where terminals are provided that are suitable for soldering.

Terminals on terminal blocks shall be plainly identified to correspond with markings on the diagrams.

The installation of flexible conduits and cables shall be such that liquids shall drain away from the fittings.

Means of retaining conductor strands shall be provided when terminating conductors at devices or terminals that are not equipped with this facility. Solder shall not be used for that purpose.

Les extrémités des conducteurs blindés doivent être préparées de façon à éviter un effilochage des brins et permettre un débranchement facile.

Les étiquettes pour le repérage doivent être lisibles, inamovibles et résistantes aux conditions d'environnement.

Les blocs de jonction doivent être raccordés et montés de telle façon que les câblages internes et externes ne dépassent pas les bornes (voir la CEI 60947-7-1).

14.1.2 Cheminement des conducteurs et des câbles

Les conducteurs et les câbles doivent relier une borne à l'autre sans épissures ni raccordements. S'il n'est pas possible de prévoir des bornes dans des boîtes de jonction (par exemple machines mobiles ou machines présentant des câbles souples longs), des épissures et des raccordements peuvent être utilisés.

Lorsqu'il est nécessaire de raccorder et de débrancher des câbles et des ensembles de câbles, une longueur supplémentaire suffisante doit être prévue pour cet usage.

Les extrémités de câbles doivent assurer un support suffisant pour éviter les contraintes mécaniques aux extrémités des conducteurs.

Chaque fois que possible, le conducteur de protection doit être placé à proximité des conducteurs actifs correspondants de façon à diminuer l'impédance de boucle.

14.1.3 Conducteurs appartenant à des circuits différents

Des conducteurs appartenant à des circuits différents peuvent être posés côte à côte, ou peuvent faire partie de la même canalisation (par exemple conduit, système de goulottes) ou du même câble multiconducteur lorsque ces dispositions ne sont pas de nature à nuire au fonctionnement correct des circuits respectifs. Lorsque ces circuits sont soumis à des tensions différentes, ils doivent être soit séparés par des barrières adéquates, soit isolés pour la tension la plus élevée à laquelle peut être soumis n'importe quel conducteur de la canalisation.

14.2 Identification des conducteurs

14.2.1 Prescriptions générales

Les conducteurs doivent être repérables à chaque extrémité conformément à la documentation technique (voir article 18). L'annexe B, question 31, peut être utilisée pour un accord entre fournisseur et utilisateur relatif à une méthode préférentielle d'identification.

Lorsqu'on se sert du repérage par la couleur pour l'identification des conducteurs, les couleurs suivantes peuvent être utilisées:

NOIR, BRUN, ROUGE, ORANGE, JAUNE, VERT, BLEU (y compris BLEU CLAIR), VIOLET, GRIS, BLANC, ROSE, TURQUOISE.

NOTE – Cette liste est tirée de la CEI 60757.

Lorsqu'une couleur est utilisée comme moyen d'identification, il est recommandé d'utiliser cette couleur sur toute la longueur du conducteur, soit avec les isolants, soit avec des marques de cette couleur. Une variante acceptable consiste à utiliser une identification supplémentaire à des endroits choisis.

Pour des raisons de sécurité, il est recommandé de ne pas utiliser la couleur VERTE ou la couleur JAUNE s'il y a possibilité de confusion avec la combinaison bicolore VERT-et-JAUNE (voir 14.2.2).

L'identification par couleur avec des combinaisons des couleurs citées ci-dessus peut être utilisée s'il n'y a pas de confusion et si le VERT ou le JAUNE ne sont pas utilisés, sauf dans la combinaison bicolore VERT-et-JAUNE.

Shielded conductors shall be so terminated as to prevent fraying of strands and to permit easy disconnection.

Identification tags shall be legible, permanent, and appropriate for the physical environment.

Terminal blocks shall be mounted and wired so that the internal and external wiring does not cross over the terminals (see IEC 60947-7-1).

14.1.2 *Conductor and cable runs*

Conductors and cables shall be run from terminal to terminal without splices or joints. Where it is impracticable to provide terminals in a junction box (e.g. on mobile machines, on machines having long flexible cables), splices or joints may be used.

Where it is necessary to connect and disconnect cables and cable assemblies, a sufficient extra length shall be provided for that purpose.

The terminations of cables shall be adequately supported to prevent mechanical stresses at the terminations of the conductors.

Wherever possible, the protective conductor shall be placed close to the associated live conductors in order to decrease the impedance of the loop.

14.1.3 *Conductors of different circuits*

Conductors of different circuits may be laid side by side, may occupy the same duct (e.g. conduit, cable trunking system), or may be in the same multiconductor cable provided that the arrangement does not impair the proper functioning of the respective circuits. Where those circuits operate at different voltages, the conductors shall be separated by suitable barriers or shall be insulated for the highest voltage to which any conductor within the same duct can be subjected.

14.2 *Identification of conductors*

14.2.1 *General requirements*

Conductors shall be identifiable at each termination in accordance with the technical documentation (see clause 18). Annex B question 31 may be used for agreement between supplier and user regarding a preferred method of identification.

Where colour-coding is used for identification of conductors, the following colours may be used:

BLACK, BROWN, RED, ORANGE, YELLOW, GREEN, BLUE (including LIGHT BLUE), VIOLET, GREY, WHITE, PINK, TURQUOISE.

NOTE – This list of colours is derived from IEC 60757.

It is recommended that, where colour is used for identification, the colour be used throughout the length of the conductor either by the colour of the insulation or by colour markers. An acceptable alternative may consist of additional identification at selected locations.

For safety reasons, the colour GREEN or the colour YELLOW should not be used where there is a possibility of confusion with the bicolour combination GREEN-AND-YELLOW (see 14.2.2).

Colour identification using combinations of those colours listed above may be used provided there can be no confusion and that GREEN or YELLOW is not used except in the bicolour combination GREEN-AND-YELLOW.

14.2.2 Identification du conducteur de protection

Le conducteur de protection doit pouvoir être facilement distingué par sa forme, son emplacement, son marquage ou sa couleur. Lorsque seule l'identification par la couleur est utilisée, ce doit être la combinaison bicolore VERT-et-JAUNE et celle-ci doit être utilisée sur toute la longueur du conducteur. Cette couleur d'identification est strictement réservée au conducteur de protection.

Pour les conducteurs isolés, la combinaison bicolore VERT-et-JAUNE doit être telle que, sur toute longueur de 15 mm, une des couleurs couvre au moins 30 % et au plus 70 % de la surface du conducteur, l'autre couleur couvrant le reste de la surface.

Lorsque le conducteur de protection peut être aisément identifié par sa forme, sa construction ou son emplacement (par exemple conducteur tressé), ou lorsque le conducteur isolé n'est pas facilement accessible, le codage par la couleur n'est pas nécessaire sur toute la longueur, mais les extrémités ou les parties accessibles doivent être clairement repérées par le symbole graphique 417-IEC-5019 ou par la combinaison bicolore VERT-et-JAUNE.

14.2.3 Identification du conducteur neutre

Lorsque le circuit comprend un conducteur neutre, identifié par la couleur, la couleur utilisée pour cet usage doit être le BLEU CLAIR (voir 3.1.2 de CEI 60446). La couleur BLEUE CLAIRE ne doit pas être utilisée pour identifier un autre conducteur si la confusion est possible.

Lorsque l'identification par la couleur est utilisée, les conducteurs nus utilisés comme conducteurs neutres doivent être soit identifiés, soit par une bande BLEUE CLAIRE, de 15 mm à 100 mm de large dans chaque boîtier ou équipement ou sur chaque emplacement accessible, soit colorés BLEU CLAIR sur toute leur longueur.

14.2.4 Identification des autres conducteurs

L'identification des autres conducteurs doit être réalisée par une couleur (soit pleine, soit avec une ou plusieurs bandes), par un nombre, par une lettre, ou par une combinaison de couleurs, chiffres ou lettres. Si des nombres sont utilisés, ils doivent être arabes; les lettres doivent être romaines (soit majuscules, soit minuscules).

Il est recommandé d'identifier les conducteurs isolés par le code de couleur suivant:

- NOIR: circuits de puissance alternatifs et continus;
- ROUGE: circuits de commande alternatifs;
- BLEU: circuits de commande continus;
- ORANGE: circuits de commande de verrouillage alimentés par une source de puissance externe.

Exceptions: par rapport à ce qui précède, les dérogations suivantes sont autorisées:

- pour des appareils indépendants, achetés entièrement câblés;
- lorsque l'isolant utilisé n'est pas disponible dans les couleurs requises; ou
- lorsqu'un câble multiconducteur est utilisé, sauf pour la combinaison bicolore VERT-et-JAUNE.

14.3 Câblage à l'intérieur des enveloppes

Les conducteurs situés sur des panneaux doivent, si nécessaire, être maintenus en place par fixation. Les canalisations non métalliques ne doivent être autorisées que si elles sont réalisées en matériaux non propagateurs de la flamme (voir la CEI 60332-1).

Il est recommandé que l'équipement électrique monté à l'intérieur des enveloppes soit conçu et construit de manière à permettre des modifications de câblage à partir de la face avant de l'enveloppe (voir aussi 12.2.1). Lorsque cela est impossible, et lorsque les appareils de commande sont branchés au fond de l'enveloppe, des portes d'accès ou des panneaux pivotants doivent être prévus.

14.2.2 Identification of the protective conductor

The protective conductor shall be readily distinguishable by shape, location, marking, or colour. When identification is by colour alone, the bicolour combination GREEN-AND-YELLOW shall be used throughout the length of the conductor. This colour identification is strictly reserved for the protective conductor.

For insulated conductors, the bicolour combination GREEN-AND-YELLOW shall be such that on any 15 mm length one of the colours covers at least 30 % and not more than 70 % of the surface of the conductor, the other colour covering the remainder of the surface.

Where the protective conductor can be easily identified by its shape, position, or construction (e.g. a braided conductor), or where the insulated conductor is not readily accessible, colour coding throughout its length is not necessary but the ends or accessible positions shall be clearly identified by the graphical symbol 417-IEC-5019 or by the bicolour combination GREEN-AND-YELLOW.

14.2.3 Identification of the neutral conductor

Where a circuit includes a neutral conductor identified by colour, the colour shall be LIGHT BLUE (see 3.1.2 of IEC 60446). LIGHT BLUE shall not be used for identifying any other conductor where confusion is possible.

Where identification by colour is used, bare conductors used as neutral conductors shall be either coloured by a LIGHT BLUE stripe, 15 mm to 100 mm wide in each compartment or unit or at each accessible position, or coloured LIGHT BLUE throughout their length.

14.2.4 Identification of other conductors

Identification of other conductors shall be by colour (either solid or with one or more stripes), number, alphanumeric, or a combination of colour and numbers or alphanumeric. When numbers are used, they shall be Arabic; letters shall be Roman (either upper or lower case).

It is recommended that insulated conductors be colour-coded as follows:

- BLACK: a.c. and d.c. power circuits;
- RED: a.c. control circuits;
- BLUE: d.c. control circuits;
- ORANGE: interlock control circuits supplied from an external power source.

Exceptions: to the above are permitted where:

- individual devices are purchased complete with internal wiring;
- insulation is used that is not available in the colours required; or
- multiconductor cable is used, but not the bicolour combination GREEN-AND-YELLOW.

14.3 Wiring inside enclosures

Panel conductors shall be supported where necessary to keep them in place. Non-metallic ducts shall be permitted only when they are made with a flame-retardant insulating material (see IEC 60332-1).

It is recommended that electrical equipment mounted inside enclosures be designed and constructed in such a way as to permit modification of the wiring from the front of the enclosure (see also 12.2.1). Where that is not possible and control devices are connected from the rear of the enclosure, access doors or swingout panels shall be provided.

Les raccordements aux dispositifs montés sur des portes, ou sur d'autres parties amovibles, doivent être réalisés avec des conducteurs flexibles conformes à 13.2, pour permettre un déplacement fréquent. Les conducteurs doivent être fixés aux parties fixes et aux parties mobiles, indépendamment des raccordements électriques (voir également 8.2.3 et 12.2.1).

Les conducteurs et les câbles qui ne cheminent pas dans des canalisations doivent être maintenus correctement.

Des blocs de jonction ou des ensembles fiche-prise doivent être utilisés pour le câblage de commande qui se prolonge au-delà de l'enveloppe.

Il est autorisé de raccorder les câbles de puissance et les câbles des circuits de mesure directement aux bornes des appareils pour lesquelles le raccordement a été prévu.

14.4 Câblage à l'extérieur des enveloppes

14.4.1 Prescriptions générales

Les systèmes prévus pour le passage de câbles ou de canalisations et leurs propres presse-étoupe, manchons, etc. à l'intérieur d'une enveloppe doivent être tels que le degré de protection de l'enveloppe ne soit pas réduit (voir 12.3).

14.4.2 Canalisations externes

Les conducteurs et leurs raccordements externes à l'enveloppe ou aux enveloppes du matériel électrique doivent être placés dans des canalisations adéquates (c'est-à-dire conduit ou système de goulottes) comme décrit en 14.5, excepté pour des câbles convenablement protégés qui peuvent être installés sans canalisation, et en utilisant, ou pas, des chemins de câbles ou des supports de câbles.

Les accessoires utilisés avec des canalisations ou des câbles multiconducteurs doivent être adaptés aux conditions d'environnement.

Un conduit métallique souple ou un câble multiconducteur souple doit être utilisé s'il est nécessaire d'utiliser des raccordements souples aux boîtes pendantes à boutons-poussoirs. Le poids des boîtes pendantes doit être supporté par des moyens autres que le conduit souple ou le câble multiconducteur souple, sauf si le conduit ou le câble est spécialement conçu pour cet usage.

Un conduit métallique souple ou un câble multiconducteur souple doit être utilisé pour des liaisons impliquant des déplacements faibles et peu fréquents. Ils doivent également pouvoir achever le raccordement à des moteurs normalement fixes, à des fins de course et à d'autres dispositifs montés à l'extérieur. Si des dispositifs précâblés (par exemple interrupteurs de position, détecteurs de proximité) sont prévus, le câble intégré ne nécessite pas de prévoir de conduits et de fixations.

14.4.3 Raccordement aux éléments mobiles de la machine

Les raccordements aux pièces fréquemment mobiles doivent utiliser des conducteurs conformes à 13.2. Le câble et le conduit souples doivent être installés de façon à éviter des flexions et des contraintes excessives, en particulier au niveau de leurs accessoires d'extrémité.

Les câbles soumis au mouvement doivent être fixés de telle façon qu'il n'y ait pas de contraintes mécaniques ou de flexions importantes aux points de raccordement. Lorsque cela est réalisé par boucle, les câbles doivent avoir une longueur suffisante pour prévoir un rayon de courbure d'au moins 10 fois le diamètre des câbles.

Connections to devices mounted on doors or to other movable parts shall be made using flexible conductors in accordance with 13.2 to allow for the frequent movement of the part. The conductors shall be anchored to the fixed part and to the movable part independently of the electrical connection (see also 8.2.3 and 12.2.1).

Conductors and cables that do not run in ducts shall be adequately supported.

Terminal blocks or plug/socket combinations shall be used for control wiring that extends beyond the enclosure.

Power cables and cables of measuring circuits may be directly connected to the terminals of the devices for which the connections were intended.

14.4 *Wiring outside enclosures*

14.4.1 *General requirements*

The means of introduction of cables or ducts with their individual glands, bushings, etc., into an enclosure shall ensure that the degree of protection is not reduced (see 12.3).

14.4.2 *External ducts*

Conductors and their connections external to the electrical equipment enclosure(s) shall be enclosed in suitable ducts (i.e. conduit or cable trunking systems) as described in 14.5 except for suitably protected cables that may be installed without ducts and with or without the use of open cable trays or cable support means.

Fittings used with ducts or multiconductor cable shall be suitable for the physical environment.

Flexible conduit or flexible multiconductor cable shall be used where it is necessary to employ flexible connections to pendant push-button stations. The weight of the pendant stations shall be supported by means other than the flexible conduit or the flexible multiconductor cable, except where the conduit or cable is specifically designed for that purpose.

Flexible conduit or flexible multiconductor cable shall be used for connections involving small or infrequent movements. They shall also be permitted to complete the connection to normally stationary motors, to position switches, and to other externally mounted devices. Where prewired devices (e.g. position switches, proximity switches) are supplied, the integral cable need not be enclosed in a duct.

14.4.3 *Connection to moving elements of the machine*

Connections to frequently moving parts shall be made using conductors in accordance with 13.2. Flexible cable and flexible conduit shall be so installed as to avoid excessive flexing and straining, particularly at the fittings.

Cables subject to movement shall be supported in such a way that there is no mechanical strain on the connection points nor any sharp flexing. When this is achieved by the use of a loop, it shall have sufficient length to provide for a bending radius of the cable of at least 10 times the diameter of the cable.

Les câbles souples des machines doivent être installés et protégés pour réduire la possibilité de dommage externe dû aux facteurs comprenant les utilisations suivantes de câbles ou les abus potentiels:

- passage de la machine sur ces câbles;
- passage de véhicules ou d'autres machines sur ces câbles;
- contacts avec la structure de la machine durant des mouvements;
- entrées et sorties des guides, ou des tambours;
- forces d'accélération ou dues au vent sur des systèmes en guirlande ou suspendus;
- frottement excessif sur collecteur de câble;
- exposition à une chaleur rayonnée excessive.

La gaine du câble doit résister à l'usure normale qui peut résulter du déplacement et de l'effet des agents polluants atmosphériques (par exemple huile, eau, liquides de refroidissement, poussière).

Lorsque les câbles soumis au déplacement sont près des parties mobiles, des précautions doivent être prises pour qu'un espace d'au moins 25 mm soit conservé entre les parties mobiles et les câbles. Lorsque cette distance n'est pas réalisable, des barrières fixes doivent être prévues entre les câbles et les parties mobiles.

Le système de mise en œuvre du câble doit être conçu pour que les angles latéraux des câbles ne dépassent pas 5° pour éviter une torsion dans le câble lors:

- du déroulement et de l'enroulement des tambours de câble; et
- de l'approche ou de l'éloignement des dispositifs de guidage de câble.

Des mesures doivent être prises pour qu'au minimum deux tours de câbles souples restent toujours sur le tambour.

Les dispositifs guidant et supportant les câbles souples doivent être conçus de manière à ce que le rayon de courbure interne, en tous points où les câbles sont susceptibles de plier, ne soit pas inférieur aux valeurs données dans le tableau 8, sauf accord avec le fabricant du câble, prenant en compte les tensions admises et la durée de vie attendues.

Tableau 8 – Rayon minimal de courbure permis pour le guidage forcé de câbles souples

Application	Diamètre du câble ou épaisseur du câble plat (d) mm		
	$d \leq 8$	$8 < d \leq 20$	$d > 20$
Tambours de câbles	$6 d$	$6 d$	$8 d$
Rouleaux de guidage	$6 d$	$8 d$	$8 d$
Guirlandes	$6 d$	$6 d$	$8 d$
Autres	$6 d$	$6 d$	$8 d$

La partie droite entre deux courbures sur une longueur en forme de S, ou entre deux courbures dans des plans différents, doit être au minimum de 20 fois le diamètre du câble.

Lorsqu'un conduit souple est adjacent à des parties mobiles, la construction et les moyens de fixation doivent éviter d'endommager le conduit souple dans toutes les conditions de fonctionnement. Les conduits métalliques souples ne doivent pas être utilisés dans le cas de mouvements rapides ou fréquents, sauf s'ils sont spécialement conçus pour cet emploi.

Flexible cables of machines shall be so installed or protected as to minimize the possibility of external damage due to factors that include the following cable use or potential abuse:

- being run over by the machine itself;
- being run over by vehicles or other machines;
- coming into contact with the machine structure during movements;
- running in and out on cable baskets, or on or off cable drums;
- acceleration forces and wind forces on festoon systems or suspended cables;
- excessive rubbing by cable collector;
- exposure to excessive radiated heat.

The cable sheath shall be resistant to the normal wear that can be expected from movement and to the effects of atmospheric contaminants (e.g. oil, water, coolants, dust).

Where cables subject to movement are close to moving parts, precautions shall be taken to maintain a space of at least 25 mm between the moving parts and the cables. Where that distance is not practicable, fixed barriers shall be provided between the cables and the moving parts.

The cable handling system shall be so designed that lateral cable angles do not exceed 5°, avoiding torsion in the cable when:

- being wound on and off cable drums; and
- approaching and leaving cable guidance devices.

Measures shall be taken to ensure that at least two turns of flexible cables always remain on a drum.

Devices serving to guide and carry a flexible cable shall be so designed that the inner bending radius at all points where the cable is bent is not less than the values given in table 8, unless otherwise agreed with the cable manufacturer, taking into account the permissible tension and the expected fatigue life.

Table 8 – Minimum permitted bending radii for the forced guiding of flexible cables

Application	Cable diameter or thickness of flat cable (d)		
	mm		
	$d \leq 8$	$8 < d \leq 20$	$d > 20$
Cable drums	$6 d$	$6 d$	$8 d$
Guide rollers	$6 d$	$8 d$	$8 d$
Festoon systems	$6 d$	$6 d$	$8 d$
All others	$6 d$	$6 d$	$8 d$

The straight section between two bends in an S-shaped length or a bend into another plane shall be at least 20 times the diameter of the cable.

Where flexible conduit is adjacent to moving parts, the construction and supporting means shall prevent damage to the flexible conduit under all conditions of operation. Flexible metallic conduit shall not be used for rapid or frequent movements except when specifically designed for that purpose.

14.4.4 *Raccordements des dispositifs à la machine*

Il est recommandé que, lorsque plusieurs appareils de connexion montés sur des machines (par exemple détecteurs de position, boutons-poussoirs) sont raccordés en série ou en parallèle, les conducteurs entre ces appareils soient renvoyés à des bornes formant les points de contrôle intermédiaires. Ces bornes doivent être placées de façon appropriée, protégées convenablement et indiquées sur les schémas correspondants.

14.4.5 *Ensembles fiche-prise*

Le raccordement à l'aide de dispositifs d'ensembles fiche-prise polarisés est permis lorsque le matériel est démontable.

Les ensembles fiche-prise doivent être d'une taille convenable et avoir une pression et une action de nettoyage de contact suffisantes pour assurer une bonne continuité électrique. Les distances d'isolement entre contacts doivent être convenables pour la tension d'emploi et doivent être conservées pendant l'insertion et le désaccouplement des connecteurs.

Les ensembles fiche-prise doivent être choisis et installés de manière à éviter à tout moment un contact involontaire avec les parties actives, y compris pendant l'insertion et le désaccouplement des connecteurs. Cette disposition n'est pas applicable aux circuits TBTP.

Les ensembles fiche-prise doivent être conçus de telle façon que le raccordement au circuit de protection soit effectué avant celui des phases, et ne soit pas interrompu avant que le raccordement de toutes les phases n'ait été interrompu (voir aussi 6.2.4), excepté pour les connecteurs des circuits TBTP, ou pour ceux utilisés uniquement pour faciliter l'assemblage/désassemblage (connecteurs multipôles).

Les ensembles fiche-prise calibrés pour plus de 16 A, ou restant connectés en service normal, doivent être du type à ergot de retenue afin d'éviter toute déconnexion involontaire. Les ensembles fiche-prise de 63 A et plus doivent être d'un type inter-verrouillé à un interrupteur, de manière que la connexion et la déconnexion ne soient possibles qu'en position ouverte de l'interrupteur.

Lorsque plusieurs ensembles fiche-prise sont utilisés dans le même équipement électrique, ils doivent être clairement identifiables. Il est recommandé d'utiliser un détrompage mécanique afin d'éviter une insertion incorrecte.

Les ensembles fiche-prise conformes à la CEI 60309-1 ou utilisés pour des applications domestiques ne doivent pas être utilisés pour les circuits de commande.

14.4.6 *Démontage pour le transport*

Lorsqu'il est nécessaire de déconnecter le câblage pour le transport, les bornes ou ensembles fiche-prise doivent être prévues aux endroits de fractionnement. Ces bornes doivent être munies d'enveloppes appropriées et les ensembles fiche-prise doivent être protégés de l'environnement lors du transport et le stockage.

14.4.7 *Conducteurs supplémentaires*

Il convient d'envisager la fourniture de conducteurs supplémentaires pour l'entretien et la réparation. Lorsque des conducteurs de réserve sont livrés, ils doivent être raccordés à des bornes de réserve, ou isolés de façon à éviter tout contact avec les parties actives.

14.5 *Canalisations, boîtes de raccordements et autres boîtiers*

14.5.1 *Prescriptions générales*

Les canalisations doivent assurer un degré minimum de protection IP33 (voir la CEI 60529).

14.4.4 *Interconnection of devices on the machine*

Where several machine-mounted switching devices (e.g. position sensors, push-buttons) are connected in series or in parallel, it is recommended that the connections between those devices be made through terminals forming intermediate test points. Such terminals shall be conveniently placed, adequately protected, and shown on the relevant diagrams.

14.4.5 *Plug/socket combinations*

Where equipment is removable, connections to it through a polarized plug/socket combination are permitted.

Plug/socket combinations shall be of adequate size and shall have sufficient contact pressure and a wiping action to ensure electrical continuity. Clearances between contacts shall be adequate for the voltages used and shall be maintained during insertion and removal of the connectors.

Plug/socket combinations shall be of such a type and so installed to prevent unintentional contact with live parts at any time even during insertion or removal of the connectors. PELV circuits are excepted from this requirement.

Plug/socket combinations shall be so designed that a protective bonding circuit connection is made before any live connections are made, and is not disconnected until all live connections in the plug are disconnected (see also 6.2.4) except those used in PELV circuits or those used only to facilitate assembling/disassembling (multipole connectors).

Plug/socket combinations that are rated at more than 16 A or that remain connected during normal service shall be of a retaining type to prevent unintended disconnection. Plug/socket combinations rated at 63 A or above shall be of an interlocked type with a switch, so that connection and disconnection is possible only when the switch is in the OFF position.

Where more than one plug/socket combination is used in the same electrical equipment, they shall be clearly identifiable. It is recommended that mechanical coding be used to prevent incorrect insertion.

Plug/socket combinations in accordance with IEC 60309-1 or of a type used for domestic applications shall not be used for control circuits.

14.4.6 *Dismantling for shipment*

Where it is necessary that wiring be disconnected for shipment, terminals or plug/socket combinations shall be provided at the sectional points. Such terminals shall be suitably enclosed and plug/socket combinations shall be protected from the physical environment during transportation and storage.

14.4.7 *Additional conductors*

Consideration should be given to providing additional conductors for maintenance or repair. When spare conductors are provided, they shall be connected to spare terminals or isolated in such a manner as to prevent contact with live parts.

14.5 *Ducts, connection boxes and other boxes*

14.5.1 *General requirements*

Ducts shall provide a minimum degree of protection of IP33 (see IEC 60529).

Toute arête vive, éclat, bavure, surface rugueuse, ou filetage avec lesquelles l'isolation des conducteurs peut entrer en contact doit être enlevée des canalisations et des accessoires. Si nécessaire, des protections supplémentaires telles que des matériaux non propagateurs de flamme ou résistant à l'huile doivent être prévues pour protéger l'isolant du conducteur.

Des trous d'évacuation de liquide de 6 mm de diamètre sont admis dans les systèmes de goulottes, les boîtes de jonction ou autres boîtes utilisées pour le câblage et susceptibles d'accumuler de l'huile ou de l'humidité.

Afin d'éviter une confusion entre les conduits électriques et ceux d'huile, d'air ou d'eau, il est recommandé que les conduits soient physiquement séparés ou clairement identifiés.

Les canalisations et les chemins de câbles doivent être fixés de façon rigide, et placés à une distance suffisante des parties mobiles, de manière à réduire les possibilités de détérioration ou d'usure. Dans les endroits où un passage humain est exigé, les canalisations et chemins de câbles ouverts doivent être montés à 2 m au moins au-dessus de la surface de travail.

Les canalisations doivent être prévues pour la protection mécanique seulement (voir 8.2.3 sur des moyens adaptés aux liaisons équipotentielle).

Il convient que les chemins de câbles partiellement recouverts ne soient pas considérés comme des conduits ou des systèmes de goulottes (voir 14.5.6), et les câbles utilisés doivent être appropriés à une installation sur chemin de câbles (voir 14.4.2).

14.5.2 Taux de remplissage des canalisations

Il convient que le taux de remplissage des conduits soit basé sur la résistance et la longueur de la canalisation et la souplesse des conducteurs. Il est recommandé que les dimensions et les dispositions des canalisations permettent une mise en place aisée des conducteurs et câbles.

14.5.3 Conduit métallique rigide et accessoires

Un conduit métallique rigide et ses accessoires doivent être en acier galvanisé ou en matériau résistant à la corrosion, adapté aux conditions d'utilisation. Il convient d'éviter l'usage de métaux non similaires, dont le contact peut entraîner une action galvanique.

Les conduits doivent être maintenus en place de façon sûre et supportés à chacune de leurs extrémités.

Les accessoires doivent être compatibles avec les conduits et adaptés à l'application. Ils doivent être filetés à moins que des difficultés de structure empêchent ce mode d'assemblage. Lorsque des accessoires sans filetage sont utilisés, le conduit doit être fixé à l'équipement de façon sûre.

Les courbures des conduits doivent être réalisées de façon que les conduits ne soient pas endommagés et que le diamètre interne ne soit pas réduit de façon significative.

14.5.4 Conduit métallique souple et accessoires

Un conduit métallique souple doit consister en un tubage, ou en une armature de fil tissé, en métal souple. Elle doit convenir aux conditions d'environnement prévues.

Les accessoires doivent être compatibles avec le conduit et adaptés à l'application.

14.5.5 Conduit souple non métallique et accessoires

Un conduit souple non métallique doit résister à la torsion et doit avoir des caractéristiques physiques comparables à la gaine des câbles multiconducteurs.

Le conduit doit être approprié aux conditions d'environnement prévues.

Les accessoires doivent être compatibles avec le conduit et adaptés à l'application.

All sharp edges, flash, burrs, rough surfaces, or threads with which the insulation of the conductors may come in contact shall be removed from ducts and fittings. Where necessary, additional protection consisting of a flame-retardant, oil-resistant insulating material shall be provided to protect conductor insulation.

Drain holes of 6 mm diameter are permitted in cable trunking systems, connection boxes, and other boxes used for wiring purposes that can be subject to accumulations of oil or moisture.

In order to prevent confusion of conduits with oil, air, or water piping, it is recommended that the conduits be either physically separated or suitably identified.

Ducts and cable trays shall be rigidly supported and positioned at a sufficient distance from moving parts and in such a manner so as to minimize the possibility of damage or wear. In areas where human passage is required, the ducts and cable trays shall be mounted at least 2 m above the working surface.

Ducts shall be provided only for mechanical protection (see 8.2.3 for requirements for connection to the protective bonding circuit).

Cable trays that are partially covered should not be considered to be ducts or cable trunking systems (see 14.5.6), and the cables used shall be suitable for installation on cable trays (see 14.4.2).

14.5.2 *Percentage fill of ducts*

Consideration on the percentage fill of ducts should be based on the straightness and length of the duct and the flexibility of the conductors. It is recommended that the dimensions and arrangement of the ducts be such as to facilitate the insertion of the conductors and cables.

14.5.3 *Rigid metal conduit and fittings*

Rigid metal conduit and fittings shall be of galvanized steel or of a corrosion-resistant material suitable for the conditions. The use of dissimilar metals in contact that can cause galvanic action should be avoided.

Conduits shall be securely held in place and supported at each end.

Fittings shall be compatible with the conduit and appropriate for the application. Fittings shall be threaded unless structural difficulties prevent assembly. Where threadless fittings are used, the conduit shall be securely fastened to the equipment.

Conduit bends shall be made in such a manner that the conduit shall not be damaged and the internal diameter of the conduit shall not be effectively reduced.

14.5.4 *Flexible metal conduit and fittings*

A flexible metal conduit shall consist of a flexible metal tubing or woven wire armour. It shall be suitable for the expected physical environment.

Fittings shall be compatible with the conduit and appropriate for the application.

14.5.5 *Flexible non-metallic conduit and fittings*

A flexible non-metallic conduit shall be resistant to kinking and shall have physical characteristics similar to those of the sheath of multiconductor cables.

The conduit shall be suitable for use in the expected physical environment.

Fittings shall be compatible with the conduit and appropriate for the application.

14.5.6 *Système de goulottes*

Les systèmes de goulottes externes aux enveloppes doivent être rigidement fixés et éloignés de toute partie mobile ou polluante de la machine.

Les couvercles doivent avoir une forme telle qu'elle recouvre les flancs; des joints doivent être autorisés. Les couvercles doivent être attachés aux systèmes de goulottes par des charnières ou des chaînes et maintenus fermés au moyen de vis imperdables ou d'autres dispositifs de fixation convenables. Sur des systèmes de goulottes horizontaux, le couvercle ne doit pas être sur la partie inférieure.

Lorsque le système de goulottes est fourni en sections, les joints entre sections doivent s'emboîter parfaitement, mais ne doivent pas nécessiter l'emploi de garnitures d'étanchéité.

Les seules ouvertures autorisées doivent être celles nécessaires au câblage ou à l'évacuation des liquides. Les systèmes de goulottes ne doivent pas avoir de parties défonçables ouvertes non utilisées.

14.5.7 *Compartiments de machine et systèmes de goulottes*

L'utilisation de compartiments ou de systèmes de goulottes à l'intérieur de la base ou colonne d'une machine pour envelopper les conducteurs doit être admise à condition que le compartiment, ou le système de goulottes, soit isolé des réservoirs d'agent de refroidissement ou d'huile, et soit entièrement fermé. Le cheminement des conducteurs dans des compartiments et systèmes de goulottes internes doit être garanti et disposé de façon à ce qu'ils ne soient pas soumis à des détériorations.

14.5.8 *Boîtes de raccordement et autres boîtiers*

Les boîtes de raccordement et autres boîtiers utilisés pour le câblage doivent être facilement accessibles. Ces boîtes doivent procurer une protection contre les entrées de corps solides et les liquides, en tenant compte des influences externes dans lesquelles la machine est prévue pour fonctionner (voir 12.3).

Ces boîtes ne doivent pas avoir de parties défonçables ouvertes non utilisées ni aucun autre orifice et doivent être conçues pour exclure des matières telles que poussière, jaillissements, huile ou réfrigérant.

14.5.9 *Boîtes à bornes de moteur*

Les boîtes à bornes de moteur ne doivent renfermer que les raccordements au moteur et aux dispositifs montés sur le moteur (par exemple freins, capteur de température, interrupteur ou génératrice tachymétrique).

15 **Moteurs électriques et équipements associés**

15.1 *Prescriptions générales*

Il convient que les moteurs satisfassent aux prescriptions de la CEI 60034-1.

Les prescriptions de protection pour les moteurs et l'équipement associé sont données en 7.2 pour la protection contre les surintensités, en 7.3 pour la protection contre les surcharges et en 7.6 pour la protection contre les survitesses.

Comme beaucoup de commandes ne coupent pas l'alimentation du moteur lorsqu'il est au repos, des précautions doivent être prises pour s'assurer que les prescriptions de 5.3, 5.4, 5.5, 7.5, 7.6 et 9.4 sont respectées. Le matériel de commande du moteur doit être placé et monté conformément à l'article 12.

14.5.6 *Cable trunking systems*

Cable trunking systems external to enclosures shall be rigidly supported and clear of all moving or contaminating portions of the machine.

Covers shall be shaped to overlap the sides; gaskets shall be permitted. Covers shall be attached to cable trunking systems by hinges or chains and held closed by means of captive screws or other suitable fasteners. On horizontal cable trunking systems, the cover shall not be on the bottom.

Where the cable trunking system is furnished in sections, the joints between sections shall fit tightly but need not be gasketed.

The only openings permitted shall be those required for wiring or for drainage. Cable trunking systems shall not have opened but unused knockouts.

14.5.7 *Machine compartments and cable trunking systems*

The use of compartments or cable trunking systems within the column or base of a machine to enclose conductors shall be permitted provided the compartments or cable trunking systems are isolated from coolant or oil reservoirs and are entirely enclosed. Conductors run in enclosed compartments and cable trunking systems shall be so secured and arranged that they are not subject to damage.

14.5.8 *Connection boxes and other boxes*

Connection boxes and other boxes used for wiring purposes shall be readily accessible for maintenance. Those boxes shall provide protection against the ingress of solid bodies and liquids, taking into account the external influences under which the machine is intended to operate (see 12.3).

Those boxes shall not have opened but unused knockouts nor any other openings and shall be so constructed as to exclude materials such as dust, flyings, oil, and coolant.

14.5.9 *Motor connection boxes*

Motor connection boxes shall enclose only connections to the motor and motor-mounted devices (e.g. brakes, temperature sensors, plugging switches, tachometer generators).

15 **Electric motors and associated equipment**

15.1 *General requirements*

Electric motors should conform to the requirements of IEC 60034-1.

The protection requirements for motors and associated equipment are given in 7.2 for overcurrent protection, in 7.3 for overload protection, and in 7.6 for overspeed protection.

As many controllers do not switch off the supply to a motor when it is at rest, care shall be taken to ensure compliance with the requirements of 5.3, 5.4, 5.5, 7.5, 7.6 and 9.4. Motor control equipment shall be located and mounted in accordance with clause 12.

15.2 *Enveloppes des moteurs*

Il est recommandé de choisir les enveloppes des moteurs parmi celles définies dans la CEI 60034-5.

Le degré de protection pour tous les moteurs doit être au moins égal à IP23 (voir la CEI 60529). Des prescriptions plus sévères peuvent être exigées en fonction des conditions d'utilisation et d'environnement (voir 4.4). Les moteurs incorporés comme partie intégrante de la machine doivent être montés de manière à être correctement protégés des dommages mécaniques.

15.3 *Dimensions des moteurs*

Les dimensions des moteurs doivent satisfaire autant que possible aux prescriptions de la CEI 60072-1 et de la CEI 60072-2.

15.4 *Montage des moteurs et compartiments moteurs*

Chaque moteur et ses accouplements, courroies, poulies, ou chaînes, doivent être montés de façon à être protégés correctement et à être facilement accessibles pour le contrôle, la maintenance, le réglage, l'alignement, la lubrification et le remplacement. Le montage du moteur doit être tel que tous les moyens de fixation puissent être enlevés, et que toutes les boîtes à bornes puissent être accessibles.

Les moteurs doivent être montés de telle façon qu'un refroidissement correct soit assuré, et que l'échauffement reste dans les limites de la classe d'isolation (voir la CEI 60034-1).

Il convient que les compartiments-moteurs soient, si possible, propres et secs et, lorsque prescrit, ils doivent être ventilés directement vers l'extérieur de la machine. Les ouïes de ventilation doivent être telles que la pénétration de copeau, poussière ou projection d'eau soit à un niveau acceptable.

Il ne doit pas y avoir d'ouverture entre le compartiment-moteur et toute autre partie ne satisfaisant pas aux prescriptions du compartiment-moteur. Si un conduit ou une tuyauterie circule dans le compartiment moteur à partir d'un autre compartiment sans respecter les prescriptions du compartiment moteur, tout jeu autour du conduit ou de la tuyauterie doit être rendu étanche.

15.5 *Critère de choix des moteurs*

Les caractéristiques des moteurs et de l'équipement associé doivent être choisies conformément aux conditions de service et d'environnement présumées (voir 4.4). Les paramètres qui doivent être soigneusement pris en compte comprennent:

- le type du moteur;
- le type du cycle en service (voir la CEI 60034-1);
- le fonctionnement à vitesse fixe ou à vitesse variable et par conséquent l'influence variable de la ventilation;
- la vibration mécanique;
- le type de convertisseur pour la commande de la vitesse du moteur (voir la CEI 60146-1-1);
- l'influence sur l'échauffement du spectre de la tension et/ou du courant (quand le moteur est alimenté par un convertisseur statique);
- la méthode de démarrage et l'influence possible du courant d'appel sur le fonctionnement d'autres utilisateurs, prenant aussi en compte d'éventuelles spécifications particulières de l'organisme fournissant l'énergie;
- la variation de la charge du couple résistif en fonction du temps et de la vitesse;
- l'influence des charges à inertie importante;
- l'influence d'un fonctionnement à couple constant ou à puissance constante;
- le besoin éventuel de réactances inductives entre le moteur et le convertisseur.

15.2 *Motor enclosures*

It is recommended that motor enclosures be chosen from those included in IEC 60034-5.

The degree of protection shall be at least IP23 (see IEC 60529) for all motors. More stringent requirements may be needed depending on the application and the physical environment (see 4.4). Motors incorporated as an integral part of the machine shall be so mounted that they are adequately protected from mechanical damage.

15.3 *Motor dimensions*

As far as is practicable, the dimensions of motors shall conform to those given in IEC 60072-1 and IEC 60072-2.

15.4 *Motor mounting and compartments*

Each motor and its associated couplings, belts and pulleys, or chains, shall be so mounted that they are adequately protected and are easily accessible for inspection, maintenance, adjustment and alignment, lubrication, and replacement. The motor mounting arrangement shall be such that all motor hold-down means can be removed and all terminal boxes are accessible.

Motors shall be so mounted that proper cooling is ensured and the temperature rise remains within the limits of the insulation class (see IEC 60034-1).

Where possible, motor compartments should be clean and dry and when required, shall be ventilated directly to the exterior of the machine. The vents shall be such that ingress of swarf, dust, or water spray is at an acceptable level.

There shall be no opening between the motor compartment and any other compartment that does not meet the motor compartment requirements. Where a conduit or pipe is run into the motor compartment from another compartment not meeting the motor compartment requirements, any clearance around the conduit or pipe shall be sealed.

15.5 *Criteria for motor selection*

The characteristics of motors and associated equipment shall be selected in accordance with the anticipated service and physical environmental conditions (see 4.4). In this respect, the points that shall be considered include:

- type of motor;
- type of duty cycle (see IEC 60034-1);
- fixed speed or variable speed operation, (and the consequent variable influence of the ventilation);
- mechanical vibration;
- type of convertor for motor speed control (see IEC 60146-1-1);
- influence of the harmonic spectrum of the voltage and/or current feeding the motor (when it is supplied from a static convertor) on the temperature rise;
- method of starting and the possible influence of the inrush current on the operation of other users, taking also into account possible special considerations stipulated by the supply authority;
- variation of counter torque load with time and speed;
- influence of loads with large inertia;
- influence of constant torque or constant power operation;
- possible need of inductive reactors between motor and converter.

15.6 Dispositifs de protection pour les freins mécaniques

Le fonctionnement de dispositifs de protection contre les surintensités et les surcharges des actionneurs des freins mécaniques doit entraîner la mise hors tension simultanée des actionneurs des entraînements associés de la machine.

NOTE – Les actionneurs associés sont ceux associés au même mouvement, par exemple tambours de câbles et entraînements à long débattement.

16 Accessoires et éclairage

16.1 Accessoires

Lorsque la machine ou son matériel associé est pourvu de prises de courant destinées à être utilisées avec du matériel accessoire (par exemple outillage électroportatif, matériel d'essai), les règles suivantes s'appliquent:

- il convient que ces prises satisfassent à la CEI 60309-1. Quand ce n'est pas possible, il est recommandé de marquer clairement les valeurs assignées de tension et de courant;
- la continuité du circuit de protection doit être assurée au niveau des socles de prise de courant (**exception:** voir 6.4);
- tous les conducteurs non reliés à la terre et raccordés à la prise de courant doivent être convenablement protégés contre les surintensités et, si exigé, contre les surcharges conformément à 7.2 et 7.3 et indépendamment de la protection des autres circuits;
- lorsque l'alimentation de la prise de courant n'est pas coupée par le dispositif de sectionnement de l'alimentation de la machine ou d'une section de la machine, les prescriptions de 5.3.5 s'appliquent.

16.2 Eclairage local de la machine et de l'équipement

16.2.1 Généralités

Les liaisons avec le circuit de protection doivent être conformes à 8.2.2.

L'interrupteur MISE SOUS TENSION / MISE HORS TENSION ne doit pas se trouver sur la douille ni sur le câble souple d'alimentation.

Les effets stroboscopiques des lampes doivent être évités par l'utilisation de lumières appropriées.

Lorsqu'un éclairage fixe est prévu dans une enveloppe, il convient que la compatibilité électromagnétique soit prise en compte en utilisant les principes énoncés en 4.4.2.

16.2.2 Alimentation

Il est recommandé que la tension nominale du circuit d'éclairage local n'excède pas 50 V entre conducteurs. Si des tensions supérieures sont utilisées, la valeur ne doit pas dépasser 250 V entre conducteurs.

Les circuits d'éclairage doivent être alimentés par l'une des sources suivantes (voir également 7.2.6):

- un transformateur d'isolement dédié raccordé au côté charge du dispositif de sectionnement de l'alimentation. Une protection contre les surintensités doit être prévue dans le circuit secondaire;
- un transformateur d'isolement dédié raccordé au côté ligne du dispositif de sectionnement de l'alimentation. Cette source ne doit être admise que pour les circuits d'éclairage de maintenance dans les armoires de commande. Une protection contre les surintensités doit être prévue au circuit secondaire (voir 5.3.5 et 14.1.3);

15.6 *Protective devices for mechanical brakes*

Operation of the overload and overcurrent protective devices for mechanical brake actuators shall initiate the simultaneous de-energization (release) of the associated machine actuators.

NOTE – Associated machine actuators are those associated with the same motion, for example cable drums and long-travel drives.

16 **Accessories and lighting**

16.1 *Accessories*

Where the machine or its associated equipment is provided with socket-outlets that are to be used for accessory equipment (e.g. hand-held power tools, test equipment), the following apply:

- the socket-outlets should conform to IEC 60309-1. Where that is not possible, they should be clearly marked with the voltage and current ratings;
- the continuity of the protective bonding circuit to the socket-outlet shall be ensured (**exception:** see 6.4);
- all unearthed conductors connected to the socket-outlet shall be protected against overcurrent and, when required, against overload in accordance with 7.2 and 7.3 separately from the protection of other circuits;
- where the power supply to the socket-outlet is not disconnected by the supply disconnecting device for the machine or the section of the machine, the requirements of 5.3.5 apply.

16.2 *Local lighting of the machine and equipment*

16.2.1 *General*

Connections to the protective bonding circuit shall be in accordance with 8.2.2.

The ON-OFF switch shall not be incorporated in the lampholder or in the flexible connecting cords.

Stroboscopic effects from lights shall be avoided by the use of appropriate luminaires.

Where fixed lighting is provided in an enclosure, electromagnetic compatibility should be taken into account using the principles outlined in 4.4.2.

16.2.2 *Supply*

It is recommended that the nominal voltage of the local lighting circuit should not exceed 50 V between conductors. Where a higher voltage is used, that value shall not exceed 250 V between conductors.

Lighting circuits shall be supplied from one of the following sources (see also 7.2.6):

- a dedicated isolating transformer connected to the load side of the supply disconnecting device. Overcurrent protection shall be provided in the secondary circuit;
- a dedicated isolating transformer connected to the line side of the supply disconnecting device. That source shall be permitted for maintenance lighting circuits in control enclosures only. Overcurrent protection shall be provided in the secondary circuit (see also 5.3.5 and 14.1.3);

- un circuit de la machine ayant une protection dédiée contre les surintensités;
- un transformateur d'isolement raccordé au côté ligne du dispositif de sectionnement de l'alimentation, quand un moyen dédié de sectionnement au primaire (voir 5.3.5), et qu'un dispositif de protection contre les surintensités au secondaire, sont montés dans l'armoire de commande placée à côté des dispositifs de sectionnement de l'alimentation (voir 14.1.3);
- un circuit d'éclairage alimenté de l'extérieur (par exemple alimentation de l'éclairage d'une usine). Cela est autorisé seulement dans les armoires de commande, et pour l'éclairage de travail des machines, si la puissance assignée totale ne dépasse pas 3 kW.

Exception: si les luminaires fixes sont situés hors de portée des opérateurs pendant le fonctionnement normal, les règles de ce paragraphe ne sont pas applicables.

16.2.3 Protection

Les circuits d'éclairage local doivent être protégés conformément à 7.2.6.

16.2.4 Fixations

Les fixations des luminaires réglables doivent être adaptées aux conditions de fonctionnement.

Les douilles doivent être:

- conformes à la publication correspondante de la CEI;
- être en matière isolante protégeant le culot de l'ampoule de façon à éviter tout contact fortuit.

Les réflecteurs doivent être supportés par l'armature de la lampe et non par la douille.

Exception: si des luminaires et leurs fixations sont situés hors de portée en fonctionnement normal, les règles de ce paragraphe ne sont pas applicables.

17 Marquages, signaux d'avertissement et désignations de référence

17.1 Généralités

L'équipement électrique doit être marqué avec le nom du fournisseur, sa marque de fabrique ou un autre symbole d'identification et, lorsque c'est prescrit, avec une marque de certification.

Les signaux d'avertissement, plaques signalétiques, marquages et plaques d'identification doivent être de durabilité suffisante pour supporter les conditions d'environnement prévues.

17.2 Signaux d'avertissement

Les enveloppes qui ne montrent pas clairement qu'elles contiennent des équipements électriques doivent être marquées par un éclair noir sur un fond jaune dans un triangle noir, disposés conformément au symbole graphique 60417-2-IEC-5036, le tout conforme au signal B.3.6 de l'ISO 3864.



Le signal d'avertissement doit être clairement visible sur le couvercle ou la porte de l'enveloppe.

- a machine circuit with dedicated overcurrent protection;
- an isolating transformer connected to the line side of the supply disconnecting device when a dedicated primary disconnecting means (see 5.3.5) and secondary overcurrent protection are provided and mounted within the control enclosure adjacent to the supply disconnecting device (see also 14.1.3);
- an externally supplied lighting circuit (e.g. factory lighting supply). This shall be permitted in control enclosures only, and for the machine work light(s) where the total power rating is not more than 3 kW.

Exception: where fixed lighting is out of reach of operators during normal operations, the provisions of this subclause do not apply.

16.2.3 Protection

Local lighting circuits shall be protected in accordance with 7.2.6.

16.2.4 Fittings

Adjustable lighting fittings shall be suitable for the physical environment.

The lampholders shall be:

- in accordance with the relevant IEC publication;
- constructed with an insulating material protecting the lamp cap so as to prevent unintentional contact.

Reflectors shall be supported by a bracket and not by the lampholder.

Exception: where fixed lighting is out of reach of operators during normal operation, the provisions of this subclause do not apply.

17 Marking, warning signs and reference designations

17.1 General

The electrical equipment shall be marked with the supplier's name, trade mark, or other identifying symbol and, when required, with a certification mark.

Warning signs, nameplates, markings, and identification plates shall be of sufficient durability to withstand the physical environment involved.

17.2 Warning signs

Enclosures that do not otherwise clearly show that they contain electrical devices shall be marked with a black lightning flash on a yellow background within a black triangle, shaped in accordance with the graphical symbol 60417-2-IEC-5036, the whole in accordance with sign B.3.6 of ISO 3864.



The warning sign shall be plainly visible on the enclosure door or cover.

Ce signal d'avertissement peut être omis dans les cas suivants:

- enveloppe équipée d'un dispositif de sectionnement de l'alimentation;
- interface opérateur-machine ou poste de commande;
- appareil simple avec sa propre enveloppe (par exemple capteur de position).

17.3 Identification fonctionnelle

Les appareils de commande, indicateurs et afficheurs (particulièrement ceux relatifs à des fonctions de sécurité) utilisés dans l'interface homme-machine doivent être clairement et durablement marqués suivant leurs fonctions soit sur eux-mêmes soit à proximité. De tels marquages peuvent être convenus entre l'utilisateur et le fournisseur de l'équipement (voir annexe B). Il convient de donner la préférence à l'utilisation des symboles normalisés dans la CEI 60417 et l'ISO 7000.

17.4 Marquage de l'équipement de commande

L'équipement de commande (par exemple ensembles d'appareillage de commande) doit être lisible et durablement marqué de manière à être clairement visible une fois l'équipement installé. Chaque fois que possible une plaque signalétique donnant les informations suivantes doit être fixée à l'enveloppe:

- nom ou marque de fabrique du fournisseur;
- marque de certification si elle est prescrite;
- numéro de série, si applicable;
- tension assignée, nombre de phases et fréquence (si c.a.) et courant de pleine charge (voir la CEI 61082);
- pouvoir de coupure en court-circuit du dispositif de protection contre les surintensités de la machine lorsqu'il est fourni comme partie de l'équipement;
- le ou les numéros du schéma électrique ou le numéro de l'indice correspondant aux dessins électriques.

Le courant de pleine charge indiqué sur la plaque signalétique ne doit pas être inférieur aux courants combinés de pleine charge de tous les moteurs et des autres matériels qui peuvent être en service en même temps dans les conditions normales d'utilisation. Pour des charges exceptionnelles ou des cycles chargés, le courant thermique équivalent (voir C.2) doit être inclus dans la valeur du courant de pleine charge spécifiée sur la plaque signalétique.

Lorsqu'un seul démarreur de moteur est utilisé, les informations peuvent être portées sur la plaque signalétique de la machine si elle est clairement visible.

17.5 Désignations de référence

Toutes les enveloppes, assemblages, appareils de commande et composants doivent être totalement identifiés avec la même désignation de référence que celle donnée dans la documentation technique laquelle doit être conforme à la CEI 61346-1.

Lorsque la taille ou l'emplacement de l'appareil ne permet pas une désignation de référence individuelle, la désignation par groupe doit être utilisée.

Exception: les prescriptions de ce paragraphe peuvent ne pas s'appliquer aux machines dont l'équipement ne comporte qu'un seul moteur, un démarreur pour moteur, une ou des boîtes de commande à boutons-poussoirs, et un ou des luminaires de travail.

The warning sign may be omitted for:

- an enclosure equipped with a supply disconnecting device;
- an operator-machine interface or control station;
- a single device with its own enclosure (e.g. position sensor).

17.3 Functional identification

Control devices, visual indicators, and displays (particularly those related to safety) used in the man-machine interface shall be clearly and durably marked with regard to their functions either on or adjacent to the item. Such markings may be as agreed between the user and the supplier of the equipment (see annex B). Preference should be given to the use of standard symbols given in IEC 60417 and ISO 7000.

17.4 Marking of control equipment

Control equipment (e.g. controlgear assemblies) shall be legibly and durably marked in a way that is plainly visible after the equipment is installed. Wherever possible, a nameplate giving the following information shall be attached to the enclosure:

- name or trade mark of supplier;
- certification mark, when required;
- serial number, where applicable;
- rated voltage, number of phases and frequency (if a.c.) and full-load current for each supply (see IEC 61082);
- short-circuit interrupting capacity of the machine overcurrent protective device where furnished as part of the equipment;
- the electrical diagram number(s) or the number of the index to the electrical drawings.

The full-load current shown on the nameplate shall be not less than the combined full-load currents for all motors and other equipment that can be in operation at the same time under normal conditions of use. Where there are unusual loads or duty cycles, the thermal equivalent current (see C.2) shall be included in the full-load current specified on the nameplate.

Where only a single motor controller is used, that information may instead be provided on the machine nameplate where it is plainly visible.

17.5 Reference designations

All enclosures, assemblies, control devices, and components shall be plainly identified with the same reference designation as shown in the technical documentation that shall be in accordance with IEC 61346-1.

Where size or location preclude the use of an individual reference designation, group reference designation shall be used.

Exception: the requirements of this subclause may not apply to machines on which the equipment comprises only a single motor, motor-controller, push-button station(s), and worklight(s).

18 Documentation technique

18.1 Généralités

Les informations nécessaires pour l'installation, l'utilisation et la maintenance de l'équipement électrique d'une machine doivent être fournies sous la forme de dessins, schémas, diagrammes, tableaux et instructions. Les informations doivent être dans une langue acceptée (voir annexe B).

Les informations prévues peuvent varier suivant la complexité de l'équipement électrique livré. Pour un équipement très simple, les informations appropriées peuvent être contenues dans un seul document, pourvu que ce document montre tous les appareils de l'équipement électrique et permette de réaliser leur raccordement au réseau d'alimentation.

Le fournisseur principal doit s'assurer que la documentation technique spécifiée dans cet article est fournie avec chaque machine.

18.2 Informations à fournir

Les informations à fournir avec l'appareillage électrique doivent comprendre:

- a) une description claire et complète de l'équipement, de son installation, de son raccordement au(x) réseau(x) électrique(s) d'alimentation;
- b) les prescriptions concernant l'alimentation électrique;
- c) les informations sur les conditions d'environnement physique (par exemple éclairage, niveaux de vibrations et de bruit, pollution atmosphérique), s'il y a lieu;
- d) le ou les schémas (fonctionnels) du système, s'il y a lieu;
- e) le ou les schémas des circuits;
- f) les informations (s'il y a lieu) concernant:
 - 1) la programmation,
 - 2) la séquence de fonctionnement,
 - 3) la fréquence des contrôles,
 - 4) la fréquence et la méthode des essais fonctionnels,
 - 5) les guides pour le réglage, la maintenance, et la réparation de l'équipement, particulièrement ceux relatifs aux appareils et circuits de protection, et
 - 6) la nomenclature des pièces détachées et, la liste des pièces de rechange;
- g) une description (y compris les schémas de raccordement) des protecteurs de sécurité, des fonctions d'inter-verrouillage, des verrouillage de protecteurs pour les mouvements potentiellement dangereux, en particulier pour des machines travaillant de façon coordonnée;
- h) une description de la protection par protecteur et des moyens prévus lorsqu'il est nécessaire de neutraliser cette protection (par exemple programmation manuelle, vérification de programmes), (voir 9.2.4).

18.3 Prescriptions applicables à toute documentation

Les documents doivent être préparés conformément aux prescriptions de 18.4 à 18.10 et aux parties applicables de la CEI 61082.

Le système de désignation de références doit être conforme aux prescriptions de la CEI 61346-1.

Pour référencer les différents documents, le fournisseur doit sélectionner l'une des méthodes suivantes:

- chacun des documents doit porter une référence avec renvoi aux numéros de tous les autres documents appartenant au même équipement électrique;
- tous les documents doivent être listés avec leur numéro et leur titre dans un plan ou une liste de documents.

18 Technical documentation

18.1 General

The information necessary for installation, operation, and maintenance of the electrical equipment of a machine shall be supplied in the form of drawings, diagrams, charts, tables, and instructions. The information shall be in an agreed language (see annex B).

The information provided may vary with the complexity of the electrical equipment. For very simple equipment, the relevant information may be contained in one document, provided that the document shows all the devices of the electrical equipment and enables the connections to the supply network to be made.

The supplier shall ensure that the technical documentation specified in this clause is provided with each machine.

18.2 Information to be provided

The information provided with the electrical equipment shall include:

- a) a clear, comprehensive description of the equipment, installation and mounting, and the connection to the electrical supply(ies);
- b) electrical supply(ies) requirements;
- c) information on the physical environment (e.g. lighting, vibration, noise levels, atmospheric contaminants) where appropriate;
- d) overview (block) diagram(s) where appropriate;
- e) circuit diagram(s);
- f) information (where appropriate) on:
 - 1) programming;
 - 2) sequence of operation(s);
 - 3) frequency of inspection;
 - 4) frequency and method of functional testing;
 - 5) guidance on the adjustment, maintenance, and repair, particularly of the protective devices and circuits, and
 - 6) parts list and recommended spare parts list.
- g) a description (including interconnection diagrams) of the safeguards, interlocking functions, and interlocking of guards for potentially hazardous motions, particularly for machines operating in a co-ordinated manner;
- h) a description of the safeguarding and of the means provided where it is necessary to suspend the safeguarding (e.g. for manual programming, program verification), (see 9.2.4).

18.3 Requirements applicable to all documentation

The documents shall be prepared in accordance with the requirements of 18.4 to 18.10 and the relevant parts of IEC 61082.

The reference designation system shall be in accordance with IEC 61346-1.

For referencing of the different documents, the supplier shall select one of the following methods:

- each of the documents shall carry as a cross-reference the document numbers of all other documents belonging to the electrical equipment; or
- all documents shall be listed with document numbers and titles in a drawing or document list.

La première méthode ne doit être utilisée que si la documentation ne comporte qu'un petit nombre de documents (par exemple moins de cinq).

18.4 Informations fondamentales

La documentation technique doit contenir, au minimum, des informations sur:

- les conditions de fonctionnement normal de l'équipement électrique, y compris les conditions attendues pour l'alimentation électrique et, s'il y a lieu, l'environnement physique;
- la manutention, le transport et le stockage;
- le ou les usages inappropriés de l'équipement.

Cette information peut être présentée soit comme un document séparé, soit comme une partie de la documentation concernant l'installation ou le fonctionnement.

Il est recommandé que cette documentation contienne aussi, s'il y a lieu, les informations concernant les courants de la charge, les pointes de courant de démarrage et les chutes de tension permises. Il est recommandé que ces informations soient contenues dans le ou les schémas du système ou du circuit.

18.5 Schéma d'installation

Le schéma d'installation doit donner toutes les informations nécessaires au travail préliminaire d'assemblage de la machine. Dans les cas complexes, il peut être nécessaire de se référer aux plans de montage pour les détails.

La position recommandée, le type et les sections des câbles d'alimentation à installer sur le site doivent être clairement indiqués.

Les données nécessaires pour choisir le type, les caractéristiques, les courants assignés et les réglages des appareils de protection contre les surintensités à installer en amont des câbles d'alimentation électrique doivent être définies (voir 7.2.2).

Si nécessaire la taille, l'usage et l'emplacement de toutes les canalisations dans les fondations, que l'utilisateur devra fournir, doivent être détaillés (voir annexe B).

La taille, le type et l'usage des canalisations, chemins et support de câbles, entre la machine et l'équipement associé, que l'utilisateur devra fournir, doivent être détaillés (voir annexe B).

Si nécessaire, le schéma doit indiquer si un emplacement est nécessaire pour la dépose ou l'entretien de l'équipement électrique.

NOTE 1 – Des exemples de schémas d'installation peuvent être trouvés dans la CEI 61082-4.

De plus s'il y a lieu, un schéma ou un tableau de raccordement doit être prévu. Ce schéma ou ce tableau doit donner des informations complètes concernant tous les branchements extérieurs. Lorsque l'équipement électrique est destiné à fonctionner à partir de différents réseaux électriques, le schéma ou le tableau de raccordement doit indiquer les modifications ou les raccordements nécessaires pour utiliser chacune des alimentations.

NOTE 2 – Des exemples de schéma/tableau de raccordement peuvent être trouvés dans la CEI 61082-3.

18.6 Schémas fonctionnels

Lorsque c'est nécessaire pour faciliter la compréhension des principes de fonctionnement, un schéma fonctionnel doit être fourni. Un schéma fonctionnel représente symboliquement l'équipement électrique ainsi que ces relations fonctionnelles, sans nécessairement décrire tous les raccordements.

NOTE 1 – Des exemples de schémas fonctionnels peuvent être trouvés dans la section 2 de la CEI 61082-2.

The first method shall be used only where the documentation consists of a small number of documents (e.g. less than five).

18.4 *Basic information*

The technical documentation shall contain, as a minimum, information on the following:

- normal operating conditions of the electrical equipment including the expected conditions of the electrical supply, and where appropriate, the physical environment;
- handling, transportation and storage;
- inappropriate use(s) of the equipment.

That information may be presented as a separate document or as part of the installation or operation documentation.

The documentation should also contain, where appropriate, information regarding load currents, peak starting currents and permitted voltage drops. That information should be contained in either the system or circuit diagram(s).

18.5 *Installation diagram*

The installation diagram shall give all information necessary for the preliminary work of setting up the machine. In complex cases, it may be necessary to refer to the assembly drawings for details.

The recommended position, type, and cross-sectional areas of the supply cables to be installed on site shall be clearly indicated.

The data necessary for choosing the type, characteristics, rated currents, and setting of the overcurrent protective device(s) for the supply conductors to the electrical equipment of the machine shall be stated (see 7.2.2).

Where necessary, the size, purpose, and location of any ducts in the foundation that are to be provided by the user shall be detailed (see annex B).

The size, type, and purpose of ducts, cable trays, or cable supports between the machine and the associated equipment that are to be provided by the user shall be detailed (see annex B).

Where necessary, the diagram shall indicate where space is required for the removal or servicing of the electrical equipment.

NOTE 1 – Examples of installation diagrams can be found in IEC 61082-4.

In addition, where it is appropriate an interconnection diagram or table shall be provided. That diagram or table shall give full information about all external connections. Where the electrical equipment is intended to be operated from more than one source of electrical supply, the interconnection diagram or table shall indicate the modifications or interconnections required for the use of each supply.

NOTE 2 – Examples of interconnection diagrams/tables can be found in IEC 61082-3.

18.6 *Block (system) diagrams and function diagrams*

Where it is necessary to facilitate the understanding of the principles of operation, a block (system) diagram shall be provided. A block (system) diagram symbolically represents the electrical equipment together with its functional interrelationships without necessarily showing all of the interconnections.

NOTE 1 – Examples of block diagrams can be found in section 2 of IEC 61082-2.

Des schémas fonctionnels peuvent être utilisés soit comme autre partie du schéma logique, soit en complément à celui-ci.

NOTE 2 – Des exemples de schémas fonctionnels peuvent être trouvés dans la section 2 de la CEI 61082-1 et dans la section 4 de la CEI 61082-2.

18.7 Schémas des circuits

Lorsqu'un schéma fonctionnel ne détaille pas suffisamment les éléments de l'équipement électrique, un ou des schémas de circuits doivent être fournis. Ces schémas doivent montrer les circuits électriques sur la machine et son équipement électrique associé. Tout symbole graphique ne figurant pas dans la CEI 60617 doit être séparément indiqué et décrit sur les schémas ou documents associés. Les symboles et l'identification des composants et appareils doivent être les cohérents pour tous les documents et sur la machine.

NOTE – Des exemples de schémas de circuits peuvent être trouvés dans la CEI 61082-1 et dans la section 5 de la CEI 61082-2.

S'il y a lieu, un schéma fonctionnel de raccordement montrant les bornes pour le raccordement d'interface doit être fourni. Ce schéma peut être utilisé en conjonction avec le ou les schémas des circuits pour simplification. Il convient que le schéma fonctionnel de raccordement fasse référence au schéma détaillé des circuits de chaque unité.

Les symboles des appareils de connexion doivent figurer sur les schéma électromécaniques avec toutes les alimentations au repos (par exemple alimentation électrique, air, eau, lubrifiant) et avec la machine et son équipement électrique dans les conditions normales de démarrage.

Les conducteurs doivent être identifiés conformément à 14.2.

Les circuits doivent être montrés de façon à faciliter la compréhension de leur fonction aussi bien que la maintenance et la localisation de défauts. Les caractéristiques relatives à la fonction des appareils de commande et des composants qui ne sont pas évidentes à partir de leur représentation symbolique doivent être incluses dans les schémas à côté du symbole ou référencées en note de bas de page.

18.8 Manuel de fonctionnement

La documentation technique doit comporter un manuel de fonctionnement détaillant toutes les procédures adéquates pour la mise en œuvre et l'utilisation de l'équipement. Il est recommandé qu'une attention particulière soit donnée aux mesures de protection prévues et aux méthodes de fonctionnement defectueuses prévisibles.

Lorsque le fonctionnement de l'équipement peut être programmé, des informations détaillées doivent être fournies sur les méthodes de programmation, l'équipement nécessaire, la vérification du programme et les procédures additionnelles de sécurité (si elles sont prescrites).

18.9 Manuel de maintenance

La documentation technique doit comporter un manuel de maintenance détaillant les procédures appropriées pour le réglage, l'entretien, la maintenance préventive et la réparation. Il convient d'inclure dans ce manuel des recommandations sur l'enregistrement de l'entretien et de la maintenance. Lorsque des méthodes pour la vérification du fonctionnement approprié sont prévues (par exemple programme d'essai de logiciel), l'usage de telles méthodes doit être détaillé.

18.10 Nomenclature des pièces détachées

La nomenclature doit comprendre au minimum les informations nécessaires pour commander des pièces de rechange (par exemple composants, appareils, logiciel, équipement d'essais, documentation technique), nécessaires pour la maintenance préventive ou corrective, y compris celles qu'il est recommandé de tenir en stock par l'utilisateur de l'équipement.

Function diagrams may be used as either part of, or in addition to, the block (system) diagram.

NOTE 2 – Examples of function diagrams can be found in section 2 of IEC 61082-1 and in section 4 of IEC 61082-2.

18.7 *Circuit diagrams*

Where a block (system) diagram does not sufficiently detail the elements of the electrical equipment, a circuit diagram(s) shall be furnished. Those diagrams shall show the electrical circuits on the machine and its associated electrical equipment. Any graphical symbol not shown in IEC 60617 shall be separately shown and described on the diagrams or supporting documents. The symbols and identification of components and devices shall be consistent throughout all documents and on the machine.

NOTE – Examples of circuit diagrams can be found in IEC 61082-1 and in section 5 of IEC 61082-2.

Where appropriate, a diagram showing the terminals for interface connections shall be provided. That diagram may be used in conjunction with the circuit diagram(s) for simplification. The diagram should contain a reference to the detailed circuit diagram of each unit shown.

Switch symbols shall be shown on the electromechanical diagrams with all supplies turned off (e.g. electricity, air, water, lubricant) and with the machine and its electrical equipment in the normal starting condition.

Conductors shall be identified in accordance with 14.2.

Circuits shall be shown in such a way as to facilitate the understanding of their function as well as maintenance and fault location. Characteristics relating to the function of the control devices and components which are not evident from their symbolic representation shall be included on the diagrams adjacent to the symbol or referenced to a footnote.

18.8 *Operating manual*

The technical documentation shall contain an operating manual detailing proper procedures for set-up and use of the equipment. Particular attention should be given to the safety measures provided and to the improper methods of operation that are anticipated.

Where the operation of the equipment can be programmed, detailed information on methods of programming, equipment required, program verification, and additional safety procedures (where required) shall be provided.

18.9 *Maintenance manual*

The technical documentation shall contain a maintenance manual detailing proper procedures for adjustment, servicing and preventive inspection, and repair. Recommendations on maintenance/service records should be part of that manual. Where methods for the verification of proper operation are provided (e.g. software testing programs), the use of those methods shall be detailed.

18.10 *Parts list*

The parts list shall comprise, as a minimum, information necessary for ordering spare or replacement parts (e.g. components, devices, software, test equipment, technical documentation) required for preventive or corrective maintenance including those that are recommended to be carried in stock by the user of the equipment.